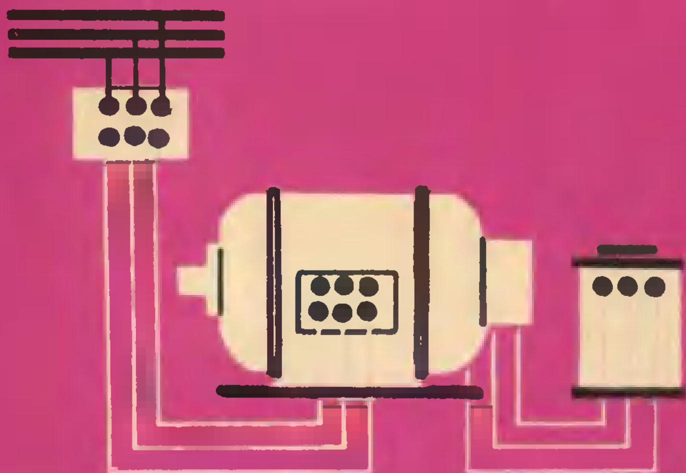
S. NĂSTASE

CONTROLUL ȘI ÎNCERCAREA BOBINAJELOR DE MAȘINI ELECTRICE



Ing. S. NĂSTASE

CONTROLUL ȘI ÎNCERCAREA BOBINAJELOR DE MAȘINI ELECTRICE



EDITURA TEHNICĂ
București — 1965

În broşură sînt expuse detaliat defectele principale care pot apărea atît în timpul fazelor tehnologice de execuţie cît şi la sfîrşitul bobinării maşinilor electrice ; se expune de asemenea modul de verificare şi remediere a acestor defecte.

Verificarea fiind tratată pe elemente constructive, metodele recomandate se pot aplica şi la controlul sau verificarea bobinelor din unele aparate electrice (contactoare, întreruptoare, relee etc.).

Cititorul este iniţiat asupra defectelor care pot apărea, despre posibilităţile de descoperire a lor şi este ajutat să găsească soluţia cea mai nimerită de preîntîmpinare şi remediere, în funcţie de posibilităţile locale.

Broşura se adresează electricienilor bobinatori care lucrează în întreprinderile constructoare de maşini şi aparataj electrotehnic, în atelierele de reparare şi întreţinere ale întreprinderilor industriale, în cooperativele de reparaţii cu profil electrotehnic etc.

Redactor responsabil :
ing. RUŞANU CONSTANTIN
Tehnoredactor :
GERU ELENA

Dat la cules : 13.10.1964. Bun de tipar : 29.12.1964. Apărut 1965. Tiraj : 8000+140. Broşate. Hîrtie semivelină de 63 g/m², 540×840/16. Coli editoriale : 3,75. Coli de tipar : 4,50. A 15.905/1964. C.Z. pentru bibliotecile mari : 621.3.045.001.4. C.Z. pentru bibliotecile mici : 621.

Tiparul executat la Intreprinderea Poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25. Bucureşti — R.P.R.

PREFAȚA

În dezvoltarea industriei noastre electrotehnice, continua îmbunătățire a calității produselor este una din problemele de cea mai mare actualitate.

Executarea unor produse de calitate superioară nu poate fi însă concepută dacă cei care participă la execuția produselor nu dispun de toate cunoștințele necesare pentru a preîntîmpina executarea unor lucrări de slabă calitate și pentru înlăturarea defectelor ivite.

Lucrarea de față are ca scop să completeze aceste cunoștințe într-un sector restrîns, însă foarte important, al construcției de mașini electrice și anume în legătură cu execuția corectă a bobinajelor.

Cartea expune metodele de control ale bobinajelor mașinilor electrice, precum și măsurile care trebuie luate pentru a preîntîmpina o serie de deficiențe în execuția bobinajelor, cum ar fi: număr de spire deosebit de cel indicat în documentația tehnică, deteriorări de izolații, scurtcircuite între conductoarele bobinajelor etc. De asemenea sînt date unele procedee de remediere a defectelor constatate, precum și unele îndrumări pentru corecta execuție a bobinajelor.

AUTORUL

Capitolul 1

NECESITATEA EXECUTĂRII CONTROLULUI. UTILAJE ŞI APARATE DE MĂSURAT FOLOSITE, NORME ŞI STANDARDE

Dezvoltarea construcţiei de maşini electrice în ţara noastră necesită mărirea siguranţei lor în funcţionare, deci şi ridicarea calităţii acestora. Deşi pe măsura dezvoltării industriei electrotehnice, materialele folosite au obţinut indici calitativi superiori totuşi, avînd în vedere caracterul specific al lucrărilor care se execută la construcţia maşinilor electrice, verificarea execuţiei bobinajelor acestor maşini capătă o importanţă deosebită.

Bobinatorul şi montatorul de maşini electrice trebuie să fie totdeauna conştienţi de starea lucrării pe care o execută, astfel ca surprizele finale neplăcute să fie înlăturate chiar de la început. Pentru un control organizat în execuţia bobinajului se impun verificări defalcate pe operaţii în aşa fel ca, la montarea maşinii, asupra ei să fie făcute toate verificările necesare, urmînd ca o altă parte de verificări să fie repetate şi executate după montarea maşinii.

Pentru a fi corespunzătoare utilizării lor, materialele electroconducătoare şi electroizolante trebuie să îndeplinească o serie de condiţii atît în ceea ce priveşte dimensiunile şi rezistenţa lor mecanică, cît şi caracteristicile lor electrice.

O dată obţinute materialele necesare, în calitatea prescrisă, asupra lor se execută diferite încercări, pe măsura execuţiei bobinajului şi în general, pe măsura execuţiei întregii maşini.

Practica în construcţia maşinilor electrice a arătat că principala cauză a defectelor maşinilor electrice o constituie distrugerea izolaţiei între spire, precum şi punerile la masă. Deci, înainte de a verifica elementele ce

constituie bobinajul, este necesar ca în timpul execuţiei acestuia să se respecte indicaţiile tehnologice şi în special protejarea cît mai bună a izolaţiei.

În continuare se cere respectarea riguroasă a tuturor operaţiilor de verificare şi control, pe măsura execuţiei diverselor elemente constructive. Operaţiile de control stabilesc corectitudinea execuţiei bobinajului în concordanţă cu documentaţia tehnică a maşinii. Controlul care se face are scopul de a constata că nu există distrugeri ale izolaţiei, adică nu există scurtcircuite între spire sau între bobine şi masă, precum şi de a măsura rezistenţele bobinelor sau ale întregului bobinaj, verificarea numărului de spire, secţiunea conductoarelor etc. Simpla constatare nu ajută la exploatarea în bune condiţii a maşinii electrice respective. Prin metode adecvate trebuie puse în evidenţă elementele defecte care ar periclita buna funcţionare a maşinii iar acestea vor trebui să fie înlocuite cu altele în stare bună.

De asemenea, nu este suficient controlul elementelor bobinajului aflat într-un anumit stadiu de execuţie, deoarece în timpul montării bobinelor în crestăturile miezului magnetic, ele vor fi supuse la solicitări mecanice suplimentare, fapt care poate conduce la deteriorarea izolaţiei sau chiar la întreruperi ale conductorului, atunci cînd acesta este foarte subţire. Apoi, în acest stadiu de execuţie apar elemente noi care nu au fost verificate în aceste condiţii, cum ar fi izolaţiile între faze, izolaţiile crestăturilor etc. Apare deci necesitatea verificării bobinajului şi după introducerea bobinelor în crestătură. Sînt cazuri însă, cînd maşinile respective sînt supuse de cîteva ori controlului, pînă la execuţia completă a lor. Astfel, bobinajul unui stator va fi verificat la străpungere de patru ori şi anume : după introducerea bobinelor în crestătură, după executarea legăturilor, după impregnare şi după asamblare.

Indusul va fi controlat prima dată după presarea colectorului pe arbore, a doua oară după introducerea în crestături a laturilor inferioare ale bobinelor, a treia oară după introducerea în crestături a laturilor superioare ale bobinelor, a patra oară după lipirea capetelor de bobine la colector şi a cincea oară după bandajare şi impregnare.

Sînt etape cînd anumite controale se execută combinat pentru a imita în cît mai mare măsură condiţiile practice de funcţionare a maşinii electrice. Astfel, STAS 1893-50 prevede că la maşina asamblată, aceasta să fie supusă la verificarea bobinajului la masă după ce în prealabil i s-a făcut proba de supraturaţie. Aceasta se face în scopul de a supune bobinajul la eforturile mecanice din timpul funcţionării normale a maşinii, fapt care poate duce la deteriorarea izolaţiei sau poate pune în evidenţă eventualele deteriorări ale acesteia, nedescoperite la celelalte controale executate anterior pe parcurs. Tensiunea de încercare pentru fiecare etapă va fi redusă faţă de cea precedentă, dat fiind că înlocuirea unei bobine într-o fază înaintată de execuţie a bobinajului este mult mai greu de realizat faţă de fazele iniţiale.

În concluzie, pe tot parcursul desfăşurării procesului tehnologic de execuţie a înfăşurărilor se efectuează controlul în anumite etape, legate de stadiul execuţiei şi anume :

— controlul asupra elementelor bobinajului după executarea acestora, înainte de introducerea lor în crestături ;

— controlul după introducerea elementelor bobinajului în crestături ;

— controlul după asamblarea maşinii ;

— controlul în procesul de exploatare a maşinii.

*
* *

Controlul asupra elementelor bobinajului după executarea lor are ca scop evitarea introducerii acestora în crestături, dacă prezintă defecte de izolaţie. Pentru acest lucru se execută un control al numărului de spire al bobinelor, un control pentru determinarea scurtcircuitului între spire datorită deteriorării izolaţiei în timpul execuţiei, un control al rezistenţei ohmmice etc.

Deoarece în timpul bobinării propriu-zise (al introducerii bobinelor în crestăturile miezului magnetic), bobinele sînt supuse la eforturi mecanice suplimentare (eforturi care într-o anumită măsură se menţin în tot timpul funcţionării maşinii), poate apărea distrugerea izolaţiei şi în consecinţă apar scurtcircuite între spire sau atingeri la masă. În plus, apar elemente noi (cum ar fi izolaţia crestăturii), precum şi operaţii noi cu posibi-

litățile respective de producere a unor defecțiuni (cum ar fi executarea legăturilor și introducerea cablurilor) la aceste elemente noi. Deci, în acest stadiu de execuție a bobinajului, este necesară o altă serie de controale, printre care : controlul la atingerea bobinajului la masă, la scurtcircuit între spirele bobinelor, la scurtcircuit între fazele bobinajului etc.

După introducerea bobinelor în crestături și executarea legăturilor, mașina este supusă la o altă serie de operații cum ar fi : impregnarea, pregătirea pentru montaj și montarea, în cursul cărora bobinajul suportă o serie de solicitări care fie că pot pune în evidență unele defecte ascunse ale izolației, fie că pot produce noi deteriorări de izolație, fapt care poate fi descoperit prin controalele necesare în această fază de execuție. Totodată, în acest stadiu mașina poate fi supusă la o serie de probe asemănătoare diverselor situații din exploatarea ei și în timpul cărora asupra bobinajului apar diferite solicitări, provocate de acțiunea îndelungată a forței centrifuge asupra bobinajului rotorului și care pot duce la distrugerea izolației.

În timpul exploatării mașinii, izolația acesteia este supusă îmbătrînirii normale sau forțate. Prin controalele care se execută în acest stadiu de fabricație, se evită ieșirea accidentală din uz a mașinii și se obține astfel mărirea duratei de exploatare a acesteia.

La operațiile de control și verificare care se execută asupra bobinajelor, se verifică :

— dacă bobinajul corespunde datelor din fișa de calcul și din desene ;
— eventualele scurtcircuite între spire ;
— rezistența ohmică a bobinajului ;
— rezistența izolației bobinajului ;
— existența eventualelor întreruperi în bobinaj ;
— calitatea contactelor la legăturile lipite ;
— legăturile corecte ale bobinajelor ;
— rigiditatea dielectrică a izolației, atît între diversele bobinaje cît și la masă ;
— siguranța bobinajului în timpul funcționării mașinii.

În legătură cu toate aceste controale și verificări, indicațiile generale sînt prescrise în standardele de stat și anume în STAS 1893-50 ; STAS 4130-53 ; STAS 4978-55.

Pentru executarea tuturor acestor controale sînt necesare o serie de aparate, care vor fi descrise la fiecare tip de control. În general sînt necesare o serie de transformatoare cu aparatele de măsură respective (voltmetru, ampermetru, wattmetru etc.), precum şi surse speciale de curent. În unele cazuri, dat fiind insuficienta precizie şi chiar imposibilitatea folosirii aparatelor clasice de control, existente în atelierul respectiv, se folosesc aparate speciale, care sînt mai uşor de procurat şi care permit măsurarea directă a diferitelor mărimi (rezistenţa bobinajului, rezistenţa de izolaţie etc.).

Capitolul 2

ÎNCERCAREA MATERIALELOR FOLOSITE LA BOBINAREA MAŞINILOR ELECTRICE

Siguranţa în execuţia bobinajelor maşinilor electrice şi deci în exploatarea acestora o constituie calitatea bună a materialelor folosite.

Dezvoltarea construcţiei maşinilor electrice, precum şi obţinerea de la ele a unor performanţe tehnico-economice mai bune, impune folosirea din ce în ce mai mult a unor materiale cu caracteristici tehnice ridicate. În timpul exploatării se impune un control riguros al maşinilor din care să rezulte calitatea materialului respectiv folosit, precum şi eventualele defecte introduse în timpul execuţiei sau manipulării lor.

La folosirea materialelor izolante se ţine seama de faptul că acestea sînt împărţite pe clase, din punct de vedere al valorii limită admisibilă a temperaturii de serviciu şi anume :

Clasa	*Temperatura limită admisibilă*
Y	+ 90°C
A	+ 105°C
E	+ 120°C
B	+ 130°C
F	+ 155°C
H	+ 180°C
C	peste + 180°C

În continuare vor fi descrise, pentru diverse materiale, controlul la care sînt supuse acestea, precum și metodele de încercare.

2.1. Țesături uleiate electroizolante

Conform N. I. 166-52 — M.E.E.I.E., pentru țesăturile uleiate întrebuințate ca material electroizolant, obținute prin impregnarea mătăsii viscoza cu lacuri pe bază de uleiuri vegetale, condițiile pe care trebuie să le îndeplinească și deci și verificările la care sînt supuse sînt :

— *aspectul țesăturii,* care se controlează cu ochiul liber, trebuie să fie neted, lucios, fără nodule (ridicături) de lac uscat, fără pori vizibili și incluziuni străine. Culoarea trebuie să fie galbenă-portocalie ;

— *grosimea țesăturii,* trebuie să corespundă celei prescrise ; se controlează cu micrometrul cu o precizie de 0,01 mm. Măsurarea se face în mai multe puncte, alese din cele fără neregularități, distanțate de la marginile care în general prezintă abateri de la dimensiunea prescrisă. Norma prevede ca această distanță să nu fie mai mică de 30 mm. Rezultatul măsurării va fi media aritmetică a tuturor determinărilor ;

— *absorbția de apă,* o caracteristică principală a materialelor electroizolante, care determină condițiile de exploatare a mașinilor electrice.

Pentru determinarea acestei caracteristici se iau două probe cu dimensiunile de 50x100 mm fiecare, se cîntăresc cu o precizie de 0,001 g, ținîndu-se apoi în apă distilată la temperatura de 20 ± 5°C, timp de 24 ore. Se scot apoi din apă și se usucă de apa de pe suprafață prin introducerea între două hîrtii de filtru, după care probele se cîntăresc din nou. Absorbția de apă se calculează pe unitatea de suprafață, cu relația :

$$A = \frac{G_2 - G_1}{S}, \text{ gf/dm}^2,$$

în care :

A este absorbția de apă după 24 ore ;
G_1 — greutatea probei înainte de cufundarea în apă, gf ;

G_2 este greutatea probei după cufundarea în apă, gf ;
S — suprafața totală a probei, dm^2.

Rezultatul va fi media aritmetică a determinărilor efectuate asupra celor două mostre ;

— *rezistența la întindere,* o caracteristică de asemenea importantă în cazul folosirii țesăturilor textile impregnate sau a altora asemănătoare, la izolarea bobinelor ; se determină prin supunerea la efortul de tracțiune a probelor cu ajutorul unui aparat ;

— *stabilitatea termică* a țesăturii, determinată pe fîșii cu lățimea de 40 mm tăiate în direcția bătăturii. Aceasta se înfășoară pe o tijă metalică cu diametrul de 10—12 mm, cu o suprapunere maximă de 20 mm. Tija învelită cu bandă se încălzește într-un termostat timp de 72 ore, la temperatura de 105±2°C. După terminarea încălzirii, mostrele se desfășoară în stare caldă și se observă schimbarea aspectului acestora. Condiția este ca pînza să se deruleze la cald fără a se lipi.

Determinarea se repetă cu alte mostre, acestea fiind înfășurate pe cealaltă suprafață ;

— *rigiditatea dielectrică* a țesăturii care se determină pentru țesătura în stare normală ; la locul îndoirii și după întindere.

Pentru determinarea rigidității dielectrice a țesăturii, se taie probe late de 150 mm pe lățimea materialului ; se folosește curent alternativ cu frecvența de 50 Hz și electrozi în formă de discuri cu diametrul de 50 mm, avînd marginile rotunjite cu o rază de 2,5 mm ; electrozii sînt apăsați unul spre altul cu o forță de cel puțin 1 kgf. Asupra electrozilor se va aplica o tensiune care se va mări progresiv, fără șocuri ; durata ridicării acesteia pînă la tensiunea de străpungere va fi de minimum zece secunde.

Pentru determinarea tensiunii de străpungere după îndoire, mostra se îndoaie perpendicular pe urzeală la un unghi de 180°, în jurul unei piese de grosime egală cu a materialului. Se netezește apoi îndoitura prin trecerea o singură dată cu un rulou de metal cu o greutate de 2 kgf și cu diametrul de 50—60 mm. Viteza de deplasare a ruloului va fi de circa 1 m/min. În timpul determinării, linia îndoiturii țesăturii lăcuite trebuie să se găsească în mijlocul electrodului.

Pentru determinarea tensiunii de străpungere după întindere, se taie proba la dimensiunea de 20×700 mm după diagonală, sub un unghi de 45°±2° față de direcția urzelii. Apoi se fixează la capătul de sus pe o tijă metalică cu un diametru de minimum 12 mm, care face cu orizontala un unghi de 15°, supunîndu-se la întindere cu o forță de 0,5 kgf, timp de un minut. Al doilea electrod îl constituie o foaie metalică de 20 mm lățime, înfășurată strîns pe suprafața țesăturii. În acest fel proba se va supune la străpungere în cinci locuri diferite.

2.2. Micanita de colector

Micanita de colector formată din fulgi (foițe) de mică lipiți și presați la cald cu rășini gliptalice, șerlac etc., trebuie de asemenea să îndeplinească anumite condiții, fără de care nu se poate vorbi de o calitate corespunzătoare a materialului. Aceste condiții (precum și controlul, inclusiv metodele de control) care trebuie verificate la micanita de colector sînt :

— *grosimea plăcilor* de micanită, element care determină reușita construcției colectorului, se determină prin măsurarea acestora cu un micrometru, în mai multe puncte, deoarece placa respectivă poate prezenta grosimi diferite în diverse puncte. N. I. 172-52 M.E.E.I.E. prevede un număr de 10 determinări) ;

— *aspectul exterior* al plăcii de micanită se verifică pentru a îndepărta plăcile de micanită care prezintă foițe de mică desfăcute ;

— se execută apoi o *probă de alunecare*. În timpul verificării acestei condiții, se observă dacă foițele de mică suferă oarecari deplasări, unele față de altele. Pentru executarea acestei probe, se iau zece plăcuțe de micanită cu dimensiunile de 50×70 mm și se așază între două plăcuțe de oțel șlefuite, avînd aceleași dimensiuni ca și plăcuțele de micanită. După ce se strîng, formîndu-se un pachet, acesta se încălzește într-un termostat, timp de o oră, la o temperatură de 160°C după care se presează treptat cu ajutorul unei prese hidraulice, pînă la o presiune specifică de 600 kg/cm^2. Această presiune se menține timp de cinci minute.

După scoaterea pachetului din presă se examinează cu ochiul liber deplasarea foițelor de mică și curgerea liantului ;

— *rigiditatea dielectrică* a micanitei la determinarea căreia se folosește un curent cu frecvența de 50 Hz. Pentru executarea verificării se ia o probă cu lungimea de 0,5 m. Electrozii folosiți vor fi din cupru sau alamă, cel inferior avînd o suprafață plană și o poziție fixă, iar cel superior fiind cilindric, cu muchiile rotunjite și avînd o greutate de 1 kgf. Tensiunea aplicată va fi de scurtă durată, repetîndu-se încercarea în mai multe puncte (cel puțin cinci), aflate la cel puțin 100 mm distanță față de marginea plăcii. Se măsoară apoi grosimea plăcii în punctele străpunse, cu micrometrul, stabilindu-se rigiditatea dielectrică în fiecare punct raportînd tensiunea în momentul străpungerii la grosimea plăcii (kV/cm). Rigiditatea dielectrică a plăcii de micanită se consideră media aritmetică a rezultatelor determinărilor în toate punctele ;

— *calitatea bună* a micanitei. Cu ocazia verificării acestei condiții, se constată *lipsa particulelor conducătoare de electricitate* din materialul folosit.

Determinarea existenței acestor corpuri se execută în felul următor : se așază placa de micanită între doi electrozi de alamă, cel inferior fiind format dintr-o placă plană de alamă cu dimensiunile mai mari ca ale plăcii de micanită, iar cel superior avînd o formă cilindrică cu diametrul de 100 mm și lungimea de 150 mm, cu o rază de rotunjire a muchiilor de circa 5 mm.

În timpul încercării, cilindrul se rostogolește pe suprafața plăcii cu o viteză de 6 m/min, avînd grijă ca distanța lui față de marginea plăcii să fie așa de mare încît să se evite conturnarea. Dacă în urma acestei probe placa a rezistat la 50% din tensiunea de străpungere prescrisă de norme, se consideră că micanita este corespunzătoare din punct de vedere al existenței corpurilor bune conducătoare.

2.3. Micafoliul

Micafoliul, ca material electroizolant, trebuie de asemenea să îndeplinească o serie de condiții, unele deosebite de cele ale micanitei și care pot fi controlate în felul următor :

— *aspectul exterior* al micafoliului se examinează cu ochiul liber, nepermițîndu-se ca acesta să conțină corpuri străine sau părți neacoperite cu fulgi de mică ;

— *grosimea foii* de micafoliu trebuie să fie uniformă (calibrată), verificarea făcîndu-se cu micrometrul ;

— o proprietate principală ce se cere micafoliului este *posibilitatea de formare la cald*. Pentru a verifica această posibilitate, se folosește un cilindru cu diametrul egal cu de 60 de ori grosimea micafoliului. O mostră de micafoliu cu lățimea de 50 mm și lungimea egală cu de două ori circumferința cilindrului amintit se încălzește la temperatura de 110±5°C și apoi se îndoaie în jurul cilindrului, de asemenea încălzit la aceeași temperatură. Micafoliul astfel îndoit și legat cu o bandă de pînză de bumbac, se încălzește în continuare la temperatura 110±5°C timp de 15 min. După aceea, proba se va derula pe o placă rece, pînă cînd se va răci la temperatura de 20±5°C. În urma acestor operații se va obține un tub de micafoliu de pe care mica nu trebuie să se desfacă. Micafoliul trebuie să-și păstreze forma ce i s-a dat fără să se despartă în foi ;

— *rigiditatea dielectrică* a micafoliului se determină asemănător ca la micanita de colector, însă încălzindu-l la temperatura de 105—110°C. Electrodul superior este mobil și are o greutate de 2 kgf.

2.4. **Bare trapezoidale de cupru pentru colectoare**

Stabilirea calității barelor trapezoidale de cupru care se folosesc la confecționarea colectoarelor, se face la uzina producătoare conform STAS 4979-58. Calitatea acestor bare profilate are un rol hotărîtor în funcționarea și în durata de funcționare a mașinilor electrice. Pentru acest lucru, încă în uzina producătoare acestea sînt supuse la o serie de încercări, pe baza cărora beneficiarul va considera materialul corespunzător sau nu ; barele profilate se pot recepționa și în cadrul întreprinderii beneficiare, urmînd a se verifica aspectul, dimensiunile, liniaritatea și duritatea lor.

Aspectul se constată vizual pentru fiecare bară în parte.

Verificarea dimensiunilor se execută cu ajutorul șabloanelor, calibrelor limitatoare sau aparatelor universale de măsurat. Forma șablonului pentru verificarea dimensiunilor este reprezentată în fig. 2.1.

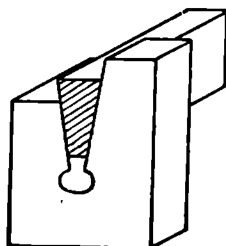


Fig. 2.1. Șablon-calibru pentru verificarea profilelor barelor.

Șablonul este executat din tablă de oțel cu grosimea suficient de mare pentru a avea asigurată precizia verificării (minimum 5 mm). Toleranța șablonului va fi de 0,005 m.

În timpul controlului se va urmări ca fețele laterale ale profilului să se suprapună bine pe fețele șablonului. Conform STAS 4978-55, la profilele cu înălțimea *h* mai mare de 30 mm se admit jocuri între fețele laterale ale profilului și fețele șablonului, cu condiția ca în aceste jocuri să nu poată fi introduși spioni cu dimensiunile :

0,05 × 7 mm pentru *h* de la 30 la 80 mm ;
0,08 × 10 mm pentru *h* de la 80 la 105 mm.

Dimensiunea înălțimii se verifică cu ajutorul calibrelor limitative sau a aparatelor universale de măsurat.

Pentru a putea lucra cu o productivitate sporită, în cazul existenței unor sortimente variate de profiluri, pe șabloane se va indica numărul de desen al profilului la care se referă și dimensiunile respective.

Verificarea rectiliniarității muchiilor se execută cu ajutorul unei rigle, a cărei lungime nu trebuie să fie mai mică de 250 mm.

Duritatea constituie o caracteristică principală în ce privește alegerea materialului pentru confecționarea unui anumit colector. STAS 165-49 indică procedeele de determinare a durității.

2.5. Conductoare de bobinaj din cupru, izolate cu lac email

Conductoarele din cupru, izolate cu email sînt folosite în mod curent în construcția și repararea bobinajelor de orice fel, date fiind avantajele pe care le oferă, datorită grosimii relativ mici a peliculei de lac, oferind în același timp caracteristici electrice și mecanice bune.

În vederea desfăşurării în bune condiţii a procesului de execuţie a înfăşurării, izolaţia conductorului trebuie să îndeplinească o serie întreagă de condiţii printre care cele mai importante sînt :

- grosimea izolaţiei ;
- elasticitatea peliculei ;
- stabilitatea faţă de substanţele de impregnare ;
- comportarea la foc ;
- numărul de defecte punctiforme ;
- rigiditatea dielectrică.

În N.I. 5-52 a M.E.E.I.E. sînt indicate şi metodele de verificare a acestor condiţii.

Pentru *determinarea grosimii peliculei* de lac se vor lua din mosorul sau colacul respectiv zece segmente de circa 10 cm lungime fiecare. De pe cinci din aceste segmente se îndepărtează pelicula de lac prin ardere sau folosind un solvent care nu atacă cuprul. Se vor măsura apoi separat diametrele celor cinci segmente izolate şi cele cinci segmente dezizolate. Pentru fiecare grupă în parte se va stabili media valorilor găsite ; diferenţa dintre cele două medii, reprezintă valoarea dublă a grosimei peliculei de lac. Pentru precizia măsurărilor se va folosi micrometrul.

Determinarea elasticităţii peliculei de lac se face luîndu-se două segmente de conductor izolat, cu lungimea de circa 14—15 cm fiecare. Cele două segmente se vor înfăşura pe cîte un dorn al cărui diametru este indicat în tabela 2.1. Unul din segmente se bobinează la rece pe dorn

Tabela 2.1

Diametrul conductorului mm	Lungimea segmentului înfăşurat cm	Sarcina aplicată gf	Diametrul dornului mm
0,07—0,10	5—7	5	0,3
0,10—0,13		10	0,4
0,13—0,16		20	0,5
0,16—0,22		30	0,7
0,22—0,32	7—10	50	1
0,32—0,40		100	1,3
0,40—0,60		200	2
0,60—1,00		500	3
1,00—1,50	10—12	1 000	5
1,50—2,00		2 000	7,5
2,00—3,00		4 000	15

cu o anumită sarcină, prin agățarea unei greutăți (a cărei valoare este indicată tot în tabela 2. 1.), la unul din capete. Bobinarea se va executa cu o viteză de 75—100 m/min. Apoi, cu ajutorul unei lupte cu putere de mărire liniară 10 se examinează segmentul bobinat. Se va repeta examinarea încă de două ori, o dată după ce a fost încălzit timp de 6 ore la temperatura de 100°±2°C și apoi după ce a fost încălzit timp de 18 ore la temperatura de 130°± ± 2°C.

Cel de al doilea segment se va bobina pe dorn (după ce în prealabil dornul a fost încălzit) și se ține timp de 6 ore la temperatura de 100°±2°C, apoi se examinează cu lupa și se va încălzi în continuare la temperatura de 130°±2°C timp de 18 ore.

După efectuarea a trei asemenea încercări se va constata dacă pelicula de lac prezintă crăpături sau desprinderi de pe conductorul de cupru.

Stabilitatea față de substanțele de impregnare se verifică tăindu-se trei segmente de conductor de circa 15 cm lungime fiecare și se vor cufunda timp de 30 min în lacul de impregnare respectiv. Acesta se încălzește la temperatura de prelucrare. După scoaterea segmentelor din substanța de impregnare, ținîndu-se de unul din capete, se vor șterge cu un tifon de bumbac, cu o viteză de aproximativ 3 m pe minut. După executarea a trei asemenea încercări, conducătorul emailat se consideră stabil față de substanța respectivă de impregnare, dacă după ștergere pelicula nu prezintă cojituri sau crăpături și dacă își păstrează aspectul lucios.

Pentru *determinarea comportării la foc* se taie o bucată din conductorul emailat de circa 30 cm lungime și se ține orizontal cu mijlocul deasupra unei flăcări. După aprinderea peliculei, flacăra se îndepărtează. În caz că după îndepărtarea flacării pelicula de lac nu arde mai departe, se consideră că conductorul emailat are o comportare bună la foc.

La *determinarea numărului de defecte punctiforme* se va folosi o instalație cum este cea reprezentată în fig. 2.2. Pentru încercarea conductoarelor cu diametre de 0,07—0,30 mm, se folosește o baie de mercur, conductorul respectiv deplasîndu-se prin baie cu o viteză de 20—30

m/min. Tensiunea de încercare va fi de 60 V, folosindu-se pentru aceasta o sursă de curent continuu.

În ceea ce privește conductoarele cu diametre cuprinse între 0,32—3 mm, pentru verificarea lor se va folosi o baie cu o soluție de 0,5% sare de bucătărie în apă. Viteza de trecere a acestor conductoare prin baie va fi de circa 0,2

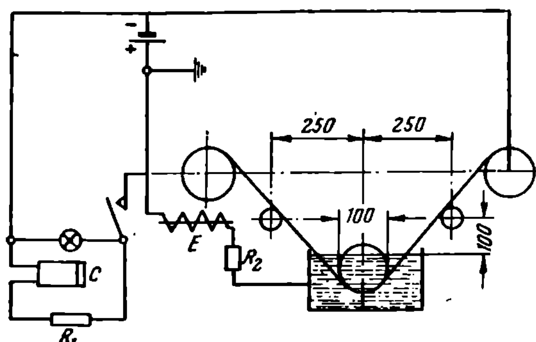


Fig. 2.2. Instalație pentru determinarea defectelor punctiforme.

Tabela 2.2

Diametrul nominal al sîrmei de cupru, mm		
0,07—0,14	0,15—0,35	0,75—3
Numărul de defecte punctiforme admise pe lungimea de 15 m		
25	20	15

m/s, folosindu-se o tensiune de încercare de 100 V. În ambele cazuri conductoarele se cufundă în baie pe o porțiune de 12±2 cm.

Rezultatele obținute se vor compara cu cele din tabela 2.2.

Polul negativ al sursei de alimentare se va lega la conductorul de încercat, iar polul pozitiv al sursei va fi legat la soluție, fiind pus concomitent și la pămînt. Între polul negativ al sursei și baie se va intercala un contor *C* cu releul magnetic *E*, capabil să înregistreze minimum zece

impulsuri pe secundă, precum şi o rezistenţă R_1 de circa 10 000 Ω în aşa fel, încît rezistenţa releului plus această rezistenţă adiţională să fie în total de 10 000 Ω.

Încercarea se face la temperatura de 20±5°C, pe o lungime de conductor de 100 m.

Rigiditatea dielectrică a izolaţiei conductorului se determină la o temperatură de 20°C. Pentru aceasta se ia o bucată de conductor care se înfăşoară o dată pe un cilindru de oţel nichelat, întins cu o greutate agăţată la capătul liber. Conductorul va fi înfăşurat cu o viteză de 75—100 m/min.

În tabela 2.3 sînt date diametrul cilindrului şi greutatea de întindere în funcţie de diametrul conductorului.

Tabela 2.3

Diametrul conductorului, mm	Diametrul cilindrului, mm	Greutatea de întindere, gf
0,07—0,10	30	5
0,10—0,20	30	20
0,20—0,40	30	70
0,40—0,70	30	250
0,70—1,00	30	500
1,00—1,50	50	1 000
1,50—2,00	80	2 000
2,00—3,00	100	4 000

Tensiunea de încercare care se va aplica între cilindrul metalic şi conductor va fi practic sinusoidală, cu frecvenţa de 50 Hz şi va fi mărită continuu şi uniform cu 100 V/s, pînă la tensiunea de străpungere. Valorile tensiunii de străpungere trebuie să fie cel puţin egale cu cele indicate în tabela 2.4.

Tabela 2.4

Diametrul nominal al conductorului, mm	Tensiunea de străpungere, V	
	la 20°C	la 120°C
0,07—0,40	380	340
0,40—1,00	500	450
1,00—3,00	750	675

CONTROLUL ŞI ÎNCERCAREA BOBINELOR GATA CONFECŢIONATE, ÎNAINTE DE MONTAREA ÎN MAŞINĂ

3.1. Verificarea numărului de spire la bobinele statorice. Defecte şi remedieri

Problema verificării preciziei cu care se execută numărarea spirelor nu se pune, desigur, în cazul unei producţii în care sînt create condiţii suficiente pentru asigurarea acestei precizii. În aceste cazuri, verificarea numărului de spire se face mai mult pentru a ţine sub control, prin tatonări, buna funcţionare a instalaţiilor de bobinare, inclusiv a celor de înregistrare a numărului de spire. Se înţelege că în cazurile arătate verificarea se execută la un anumit număr de bobine dintr-un lot oarecare, în funcţie de care se va considera lotul ca fiind corespunzător sau nu.

Sînt cazuri cînd verificarea numărului de spire trebuie făcută chiar la fiecare bobină în parte, în special la bobinele care au un număr mare de spire.

Respectarea numărului de spire prescris este o problemă de mare importanţă, deoarece în cazul cînd nu se respectă acest număr, chiar dacă sînt asigurate toate celelalte condiţii, buna funcţionare a maşinii va fi periclitată.

În general, bobinele statoarelor maşinilor de curent alternativ (statoare cu poli înecaţi) sînt formate dintr-una sau mai multe grupe de bobine, fiecare bobină a grupei fiind constituită dintr-un număr de spire variind de la cîteva spire pînă la cîteva zeci de spire. Se vede deci că este vorba, pe de o parte, de bobine cu spire foarte puţine, iar pe de altă parte, de bobine cu un număr de spire relativ mare.

Lipsa dintr-o bobină a unor spire conduce la modificarea caracteristicilor magnetoelectrice ale circuitului respectiv, tradusă prin micşorarea t.e.m. (tensiunea electromotoare) care va lua naştere în această bobină.

Pericolul pe care-l prezintă lipsa unui număr de spire dintr-o bobină se manifestă în primul rînd la legarea ei în paralel cu o altă bobină sau grupă de bobine, deoarece se vor produce curenţi de egalizare în circuitul respectiv,

curenţi care sînt cu atît mai periculoşi, cu cît numărul de spire lipsă este mai mare.

Rezultă din cele arătate că unul din procedeele de verificare a numărului de spire îl constituie verificarea tensiunii care se induce în fiecare bobină, cu ajutorul unui aparat foarte simplu format dintr-un electromagnet şi armăturile sale, reprezentat în fig. 3.1.

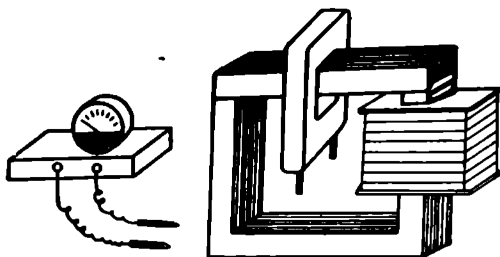


Fig. 3.1. Electromagnet pentru verificarea bobinelor înainte de montare.

Electromagnetul se compune dintr-un miez de fier pe care se găseşte montată o bobină L_1 alimentată de la o sursă de curent alternativ. Bobina de verificat L_2 se introduce pe miez aşa cum este reprezentat în figură. Miezul se închide cu ajutorul jugului mobil. Forma lui asigură manipularea uşoară a întregului aparat şi în acelaşi timp asigură un interstiţiu cît mai mic între el şi miez. După conectarea la sursa de curent a bobinei L_1, cu ajutorul voltmetrului V se măsoară tensiunea care se induce în bobina L_2, tensiune ce se va compara cu tensiunea care trebuie să se obţină într-o bobină fără defecte. Valoarea tensiunii obţinute la fiecare tip de bobină este în funcţie de caracteristicile electromagnetului folosit. De aceea, în cazul existenţei mai multor aparate de verificat se va ţine seama de caracteristicile deosebite ale fiecăruia.

Electromagnetul descris este un aparat la îndemîna oricărui atelier în care se execută bobine ; este simplu, însă precizia măsurătorii este destul de mică comparativ cu a altor aparate.

Un aparat cu care se poate verifica numărul de spire ale bobinelor cu o precizie de 0,25—0,5 % este acela care se bazează pe compararea fluxurilor de dispersie a bobi-

nelor încercate față de o bobină etalon. Ambele bobine, cea pentru încercat și cea etalon, sînt așezate pe un miez magnetic comun. În fig. 3.2 este reprezentat un asemenea aparat. Acesta este format dintr-un miez magnetic *1* care constituie partea principală a aparatului. Miezul magnetic

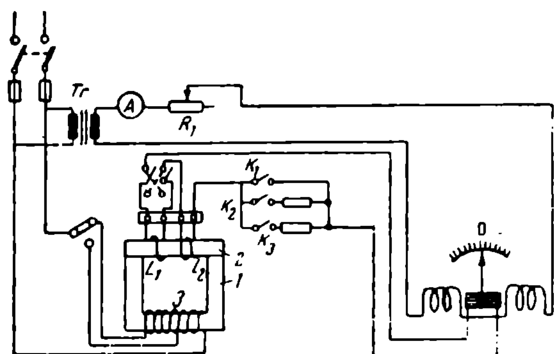


Fig. 3.2. Aparat pentru verificarea numărului de spire.

are jugul superior *2* demontabil. Pe partea inferioară se așază bobinajul primar *3* alimentat de la o rețea cu curent alternativ cu frecvență industrială. Această bobină este formată din două secții, una cu 1 500 spire, iar a doua cu 2 100 spire, care se folosesc în funcție de numărul de spire ale bobinei de încercat. Astfel, pentru încercarea unei bobine cu spire puține se folosește secția cu 1 500 de spire, iar pentru încercarea unei bobine cu spire multe se folosește aceea cu 2100 spire. Bobina etalon L_1 și bobina de încercat L_2 sînt montate pe jugul demontabil. Bobina de încercat se conectează în sens opus cu bobina etalon, astfel ca tensiunile electromotoare care se induc în cele două bobine să se scadă. Pentru a putea verifica bobine de diferite dimensiuni, miezul magnetic este prevăzut cu mai multe juguri demontabile, de diferite dimensiuni, în funcție de dimensiunile interioare ale bobinelor de încercat. Cele două bobine L_1 și L_2 sînt conectate în serie, iar ieșirile lor se conectează la bobinajul cadrului mobil al unui indicator de zero. Bobinele fixe ale indicatorului de zero sînt alimentate de la rețea prin intermediul transformatorului *Tr*. Curentul în aceste bobine se reglează cu ajutorul

reostatului R_1. De asemenea, pentru măsurarea curentului este conectat ampermetrul A_1. În vederea reglării curentului din circuitul cadrului mobil sînt prevăzute butoane (K_1, K_2, K_3), fiecare dintre ele dînd posibilitate conectării circuitului mobil în trei variante :

— prin închiderea întrerupătorului K_3 circuitul se închide printr-o rezistență mare ;

— prin închiderea întrerupătorului K_2 circuitul se închide printr-o rezistență mai mică ;

— întrerupătorul K_1 asigură închiderea directă a circuitului fără introducerea vreunei rezistențe.

Aceste posibilități de conectare au ca scop prevenirea arderii înfășurării aparatului. La început se închide întrerupătorul K_3 introducînd în circuit o rezistență mare, așa cum s-a arătat. Dacă acul aparatului nu deviază, se închide întrerupătorul K_2 și abia la urmă, dacă este nevoie, se va închide întrerupătorul K_1. În caz că numărul de spire ale bobinei ce se încearcă va corespunde, acul indicatorului de zero nu va devia. În caz contrar, acul aparatului va devia la stînga sau la dreapta, în funcție de caracterul abaterii de la numărul normal de spire (în plus sau în minus). Mărimea abaterii se apreciază după mărimea deviației acului aparatului.

O altă metodă pentru verificarea numărului de spire ale bobinelor confecționate, constă în măsurarea rezistenței ohmice a acesteia. În cazul lipsei unui număr oarecare de spire din bobină, rezistența ei se va micșora.

Una din metodele de măsurare a rezistenței bobinelor este cea a voltmetrului și ampermetrului, la folosirea căreia există posibilitatea comutării voltmetrului, înainte sau după ampermetru, în sensul parcurgerii circuitului. Montajele folosite sînt reprezentate în fig. 3.3.

Fig. 3.3. Schema de montaj pentru verificarea bobinelor prin măsurarea rezistenței.

În timpul măsurării se vor avea în vedere următoarele :

— sursa va fi de curent continuu ;

— trebuie înlăturate pe cît posibil toate elementele care pot introduce erori la măsurarea rezistenței bobinelor, cum ar fi : punți și cleme de legătură etc., care, prin rezis-

tonța proprie, precum și prin realizarea unor contacte de legătură slabe, duc la o mărire artificială a rezistenței de măsurat ;

— citirea ambelor aparate trebuie să se facă simultan, pentru a prinde același moment de măsurare ;

— deoarece fiecare rezistență trebuie măsurată la cîteva valori diferite ale curentului, mergînd de la valori mari la valori mici ; la măsurarea uneia și aceleiași rezistențe trebuie să se evite schimbarea limitelor de măsurare ale aparatelor, pentru ca măsurările să fie efectuate în aceleași condiții. De regulă se execută un număr de trei măsurări ;

— valoarea curentului de măsurare nu trebuie să depășească 20% din curentul nominal al bobinei, cînd aceasta este în funcțiune, deoarece la valori mai mari se produce încălzirea acesteia și se modifică rezistența ei reală.

Pentru măsurarea rezistenței bobinelor mai pot fi folosite puntea Wheatstone pentru rezistențe cu valori mari de 1Ω sau puntea dublă, pentru toate valorile de rezistențe. Avantajele acestor punți de măsurat constau în faptul că ele pot fi compuse din cutii de rezistențe adiționale separate. Totuși, cu cît construcția punții permite o rapiditate mai mare la măsurare, cu atît mai mică este precizia și siguranța măsurării. Totodată, costul unei punți cu toate accesoriile sale este destul de mare.

Deoarece precizia de măsurare a punților este mare, avînd însă rapiditatea de măsurare mică, se recomandă folosirea schemelor în punte în acele cazuri cînd în mod special, în obiectul măsurării, este inclusă determinarea cît mai corectă a rezistenței, iar timpul necesar măsurării nu are importanță.

Completarea numărului de spire lipsă din bobină se poate face procedînd de la caz la caz, în funcție de tipul bobinei, deoarece sînt cazuri cînd remedierea bobinei este mai dezavantajoasă decît confecționarea altei bobine noi.

Remedierea acestui defect constă în completarea numărului de spire prin intermediul unei înnădiri. Procedeul de completare este diferit de la bobină la bobină. Astfel, unele bobine permit și este necesar să fie montate întîi pe șablonul cu care au fost confecționate și după aceea să li se desfacă legăturile de consolidare, deoarece în caz contrar bobina se desface. Capătul conductorului suplimentar se va înnădi cu capătul (sfîrșitul) bobinei,

după care se va executa în continuare completarea numărului de spire. Înnăditurile se vor executa pe latura frontală a bobinei şi anume pe latura opusă legăturilor, altminteri se produce îngroşarea laturilor dintre poli. Felul legăturii depinde de grosimea conductorului bobinei. Astfel, legătura se poate realiza fie prin răsucirea între ele a capetelor celor două conductoare, fie prin intermediul unei mufe (fig. 3.4).

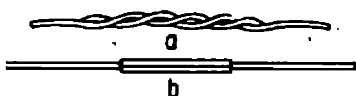


Fig. 3.4. Înnădirea conductoarelor: *a* – răsucite; *b* – cu mufă.

Legăturile prin răsucire se realizează în condiţii bune, fără a îngroşa în mod inadmisibil latura bobinei, pentru conductoare cu diametrul pînă la 0,5 mm. Legături cu ajutorul mufei se realizează satisfăcător pentru conductoare cu diametru peste 0,5 mm. Se folosesc mufe din tablă subţire de cupru a cărei grosime depinde de secţiunea conductorului, pentru a se realiza o îngroşare cît mai mică a lui. După lipire este necesară ajustarea legăturii, pentru ca eventualele colţuri ascuţite să nu provoace scurtcircuitarea bobinei ; apoi se execută o izolare foarte bună a înnădirii.

3.2. Verificarea numărului de spire la bobinele rotorice. Defecte şi remedieri

Bobinele rotorice nu diferă, în general, de cele statorice, deoarece şi în acest caz bobinele au numerele de spire care variază de la cîteva spire la cîteva zeci de spire. Totuşi, în cazul rotoarelor se întîlnesc bobine speciale confecţionate din conductoare profilate ; acestea avînd un număr mic de spire, verificarea lor se face vizual.

În cazul rotoarelor cu poli aparenţi, bobinele au număr de spire relativ mare. La aceste maşini procedeele folosite pentru determinarea numărului de spire sînt aceleaşi ca în paragraful 3.1.

3.3. Determinarea scurtcircuitelor între spire la bobinele statorice şi rotorice. Defecte şi remedieri

Bobinele statorice, precum şi cele rotorice se pot executa în diverse variante : *bobine moi* (fig. 3.5, *a*), adică bobine din conductoare rotunde aşezate, în timpul execu-

ției într-o anumită ordine și cărora, la introducerea în crestăturile miezurilor magnetice ale mașinilor electrice, li se poate schimba poziția, și *bobine rigide* (fig. 3.5, *b*); acestea pot fi neizolate, în care caz ele sînt construite din conductoare profilate, în general de secțiune mare sau chiar din conductoare de secțiune rotundă, însă asigurate prin bandaje (fig. 3.5, *c*). Celelalte bobine rigide,

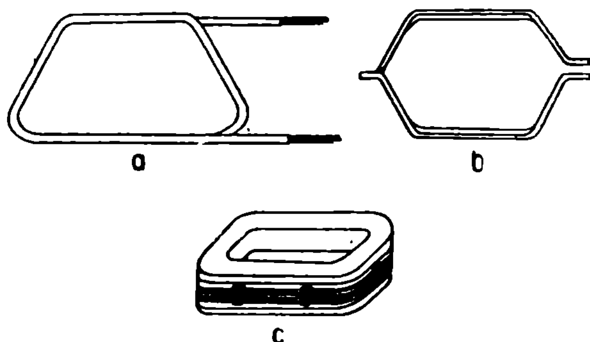


Fig. 3.5. Diverse tipuri de bobine:
a – bobină moale; *b* – bobină rigidă; *c* – bobină cu bandaj.

confecționate din conductoare subțiri, se asigură fie prin izolare simplă cu bandă din materiale cu caracteristici electrice, termice și mecanice superioare, fie printr-o izolare mai complexă, iar între stratul de izolație și conductoare se introduce chit special pentru umplerea golurilor rămase datorită formei constructive a bobinei (este vorba de bobinele polare). După izolare, bobinele sînt impregnate, astfel că ele devin rigide făcînd aproape imposibilă o eventuală remediere a defectelor descoperite. La bobinele rotoarelor mașinilor de curent continuu cu crestături deschise, după izolarea cu bandă a conductoarelor, se micanizează latura activă, asigurîndu-se atît rigiditatea izolației cît și a întregii bobine. În afară de aceste operații obligatorii asupra bobinelor, acestea, în majoritatea lor, sînt supuse la o serie de fasonări și presări, care solicită conductoarele cu diferite eforturi.

Descrierea diferitelor tipuri de bobine a fost necesară, dat fiind că procedeele de verificare precum și cele pentru remedierea defectelor trebuie alese în funcție de tipul bobinei.

Procedeele folosite la verificarea la scurtcircuit a bobinelor nu diferă, în general, de cele pentru determinarea numărului de spire. În cazul scurtcircuitelor între spire trebuie ţinut seama însă de faptul că bobinele moi nu trebuie să prezinte defecte de scurtcircuit înainte de a fi introduse în crestături, deoarece conductoarele nu au poziţie fixă unul faţă de altul după scoaterea bobinei după şablon, datorită cărui fapt scurtcircuitul dispare în mod artificial. În concluzie, numai bobinele rigide se vor preta la depistarea eventualelor scurtcircuite între spire după confecţionarea lor.

Metodele clasice de determinare a scurtcircuitelor în bobine sînt :

— prin determinarea rezistenţei ohmice ;

— prin determinarea tensiunii induse în bobina respectivă ;

— prin producerea de efecte termice în porţiunea de spire scurtcircuitate.

Metoda determinării rezistenţei ohmice a fost descrisă în par. 3.1. Dezavantajul acestei metode constă în faptul că o dată determinată rezistenţa ohmică a circuitului, în cazul unui defect evident (aceasta reiese din faptul că rezistenţa măsurată a bobinei defecte va fi mai mică decît în cazul cînd bobina ar fi bună), nu se poate preciza caracterul acestuia. Într-adevăr, această micşorare de rezistenţă poate fi provocată fie de existenţa unui scurtcircuit între spire, fie de lipsa unui anumit număr de spire.

Metoda determinării tensiunii induse în bobina de verificat, descrisă în par. 3.1, prezintă aceeaşi deficienţă, deoarece micşorarea tensiunii induse poate avea două cauze diferite şi anume, fie un scurtcircuit între spire fie lipsa unui număr oarecare de spire.

O metodă simplă, însă destul de sigură este aceea a scoaterii în evidenţă a porţiunii scurtcircuitate prin încălzirea acesteia. Încălzirea se realizează folosind un electromagnet de felul celui reprezentat în fig. 3.1, format dintr-un miez magnetic, cu bobina primară de alimentare L_1 montată pe unul din braţele lui. Pe cel de al doilea braţ se introduce bobina de încercat L_2, avînd capetele de ieşire desfăcute. Se închide apoi circuitul magnetic montînd jugul mobil *J*. Prin alimentarea cu curent a bobinei primare, fluxul magnetic care va lua naştere în miezul magnetic va induce o tensiune în bobina de verificat. Bo-

bina fiind un circuit deschis, prin ea nu va circula nici un curent. Dacă însă bobina prezintă un defect de scurtcircuit, prin spirele scurtcircuitate va circula un curent, destul de mare ca intensitate, pentru a provoca încălzirea spirelor respective. În acest fel se poate determina atît existenţa scurtcircuitului, cît şi poziţia lui destul de precisă deoarece în locul scurtcircuitului izolaţia îşi schimbă culoarea sau se arde.

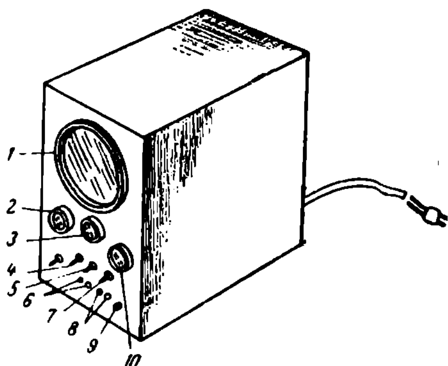


Fig. 3.6. Aparatul C.M.1 :

1 – ecran; *2, 3, 10* – butoane de reglaj; *4, 5, 7* – întrerupătoare; *6, 8* – borne pentru conectarea bobinelor ce se încearcă; *9* – bornă de punere la pămînt.

Un aparat mai complex dar în acelaşi timp rapid şi mai precis este cel reprezentat în fig. 3.6 [1]). Principiul de funcţionare al acestui aparat constă în compararea impedanţelor a două părţi ale înfăşurării. Acestea se conectează la aparat, care trimite impulsuri scurte de curent de înaltă frecvenţă, pe rînd, în ambele părţi ale înfăşurării. Impulsurile ajung la plăcile care deviază fasciculul electronic emis de un tub catodic. Punctul luminos fiind deviat, pe ecran se va vedea o curbă luminoasă descrisă de acesta. În cazul cînd ambele părţi ale bobinajului ce se verifică sînt la fel, impulsurile care ajung la plăci vor fi şi ele egale, pe ecran apărînd o singură curbă. Dacă o parte a înfăşurării are un defect (scurtcircuit sau număr de spire diferit), pe ecranul tubului catodic vor apărea două curbe. Tensiunea de alimentare a aparatului C.M..1

---

[1]) Aparatul C.M.1 a fost conceput de *M. V. Smirnov* şi *V. D. Majuga*.

este de 120 V. Borna *9* va fi conectată la pămînt. Panoul frontal are două perechi de borne pentru conectarea bobinelor care se încearcă, perechea de borne *6* şi perechea de borne *8*. Deasupra bornelor sînt prevăzute trei întrerupătoare. Prin întrerupătorul *4* se comandă baza de timp pe ecran, întrerupătorul *5* conectează tensiunea anodică, iar întrerupătorul *7* motorul sincron. Între ecran şi întrerupătoare sînt aşezate trei butoane de reglaj : butonul *2* (din circuitul de impulsuri) reglează tensiunea cu care se alimentează bobina care se încearcă, iar butonul *3* (de focalizare) reglează calitatea razei pe ecran. Cu butonul *10* (capacitatea de simetrie) poate fi înlăturată asimetria naturală a bobinelor care se încearcă.

Capitolul 4

ÎNCERCAREA BOBINAJELOR MAŞINILOR ELECTRICE DE CURENT ALTERNATIV

4.1. Încercările bobinajului statoric şi remedierea defectelor

Respectarea unui proces tehnologic judicios întocmit, însoţit de folosirea atentă a materialelor electroizolante, precum şi încercările intermediare ale acestora, nu înlătură necesitatea încercărilor bobinajelor după introducerea bobinelor în crestăturile maşinilor. Necesitatea acestor încercări se impune datorită faptului că înainte de introducerea în crestăturile miezului magnetic, bobinele sînt supuse la solicitări mecanice (cum ar fi întinderea conductoarelor, strîngerea bobinei cu bandă izolantă etc.). În timpul introducerii lor în crestăturile miezului magnetic, apar solicitări mecanice suplimentare, din cauza presării lor cu pana la aşezarea în crestătură şi la introducerea penei de închidere a crestăturii, precum şi la presarea capetelor de bobină cu ciocanul cauciucat, operaţie executată pentru a le da forma corespunzătoare. Aceste presiuni dispar numai într-o măsură foarte mică. În acest fel, eventualele scurtcircuite nedescoperite la verificările intermediare vor persista datorită faptului că poziţia conductoarelor nu se mai schimbă. Aceste scurtcircuite pot

și trebuie să fie scoase în evidență. De asemenea, în timpul bobinării poate să apară și un alt fel de defect, acela de atingere a bobinelor cu partea metalică (masa) a mașinii. În această privință sînt deci necesare următoarele încercări ale bobinajelor :

— încercarea rigidității dielectrice și a izolației bobinajelor față de masa mașinii (încercarea izolației la masă);

— încercarea la scurtcircuit între spire sau între bobine.

4.1.1. *Încercarea rigidității dielectrice a izolației*

După cum a fost arătat mai înainte, încercarea rigidității dielectrice a izolației, după introducerea bobinelor în crestăturile miezului magnetic, este absolut obligatorie. Dacă condițiile atelierului respectiv permit este indicat a se face această verificare pe parcursul bobinării, pe grupe de bobine, sau pe fracțiuni din întregul bobinaj. În orice caz, după bobinarea completă a mașinii, aceasta trebuie supusă la probele de încercare a rigidității izolației.

Pentru încercarea izolației la masă, după introducerea tuturor bobinelor și a penelor de închidere a crestăturilor, se verifică întregul bobinaj *vizual*, pentru înlăturarea eventualelor deranjamente vizibile cum ar fi : lipsa izolațiilor dintre bobinele care fac parte din faze diferite, prinderea unui conductor dintr-o fază și izolat simultan cu bobina unei alte faze, prinderea conductorului între pana crestăturii și tole etc.

După verificarea vizuală și remedierea defectelor observate, se trece la încercarea propriu-zisă a izolației la masă, care se efectuează înainte de a se executa legăturile. Pentru aceasta, capetele bobinelor se leagă împreună, apoi sursa de curent se leagă cu un pol la masa mașinii și cu celălalt la capetele de bobinaj legate în comun.

Tensiunea alternativă cu frecvența de 50 Hz de încercare, nu trebuie aplicată instantaneu deoarece în acez caz pot apărea supratensiuni care provoacă străpungerea izolației. Încercarea trebuie să înceapă cu o tensiune care să nu depășească o treime din tensiunea de încercare (STAS 1893-50). Dacă reglarea tensiunii are loc în trepte, fiecare treaptă de tensiune nu trebuie să depășească 5 % din valoarea finală ; timpul pentru creșterea tensiunii de la jumătate pînă la valoarea finală trebuie să fie de cel pu-

ţin 10 s. Durata de menţinere a bobinajului sub tensiune este de un minut, după care ea se coboară pînă la o treime din valoarea totală şi în sfîrşit, circuitul se întrerupe. În timpul încercării nu se admite nici un fel de pauză. Dacă în timpul încercării nu are loc străpungerea izolaţiei, atunci însemnează că izolaţia a suportat încercarea.

Este posibil ca în timpul încercării să apară descărcări superficiale sau efectul corona. Apariţia acestora nu se ia în consideraţie, ele fiind de natură diferită faţă de străpungere. De asemenea poate apărea străpungerea de suprafaţă care se deosebeşte de descărcările superficiale. O dată începută descărcarea superficială la o anumită tensiune, dacă tensiunea se scade pînă la zero şi apoi se măreşte iar, descărcarea superficială va începe la aceeaşi tensiune la care a avut loc prima descărcare.

Străpungerea de suprafaţă se produce datorită impurităţilor care se găsesc pe suprafaţa izolaţiei sau sînt incluse în suprafaţă şi care permit trecerea curentului şi astfel duc la carbonizarea suprafeţei izolaţiei. Datorită carbonizării, dacă se micşorează tensiunea la zero, o nouă străpungere se va realiza la o tensiune mai mică decît la prima străpungere.

Străpungerea de suprafaţă apare în special la maşinile care folosesc perii din cărbune, deoarece acestea, prin frecarea cu suprafeţele aflate în mişcare, produc particule libere de material conducător de electricitate (praf de cărbune) care se depun pe suprafeţele accesibile, formînd un strat bun conducător. În cel mai bun caz, străpungerea poate fi superficială fără a ataca suprafaţa izolaţiei.

Este bine ca încercarea izolaţiei dintre faze să se execute o dată cu încercarea izolaţiei la masă. Pentru aceasta se execută legăturile cu scopul de a se obţine începutul şi sfîrşitul fazelor. Încercarea se efectuează legînd două faze la masa maşinii şi aplicînd tensiunea de străpungere la un capăt al fazei rămasă liberă. După încercarea primei faze se repetă operaţiile pentru celelalte două faze.

În cazul maşinilor foarte mari, care, în vederea unui transport uşor se bobinează la locul instalării, bobinajul lor nu mai este supus la solicitări în timpul transportului. La aceste maşini, STAS 1893-50 indică ca încercarea izolaţiei la masă să se efectueze cu o tensiune egală cu 85%

din tensiunea folosită în cazul mașinilor care au un proces tehnologic de fabricație normal.

De asemenea sînt mașini care, datorită mărimii lor, nu se montează complet în fabrica constructoare. Totuși, piesele componente bobinate se supun separat încercării de izolație la masă la tensiunea prevăzută pentru mașinile gata montate. În cazul acestor mașini, STAS 1893-50 prevede că mașina gata montată la locul instalării se supune imediat după terminarea uscării unei încercări suplimentare, cu o tensiune egală cu 75% din tensiunea prevăzută pentru mașinile normale.

Cu cît puterea nominală a mașinii este mai mare, cu atît pretențiile față de izolația bobinajului acesteia sînt mai mari, lucru scos în evidență și în tabela 4.1.

În cazul reparării unei mașini în care s-a înlocuit izolația în totalitate, încercarea izolației la masă se efectu-

Tabela 4.1

Nr. crt.	Specificarea mașinii sau părțile ei	Tensiunea eficace de încercare
1	Mașinile cu o putere mai mică de 1 kW sau 1 kVA, precum și toate mașinile cu tensiunea nominală mai mică sau egală cu 24 V	$2U + 500$ V
2	Mașinile cu o putere de la 1 kW sau 1 kVA pînă la 3 kW sau 3 kVA inclusiv, cu tensiunea nominală mai mare de $2U$, V	$2U + 1\,000$ V
3	a) Mașinile cu o putere mai mare de 3 kW sau 3kVA la tensiune mai mare de 24 V. b) Mașinile cu o putere de la 10 000 kW sau 10 000 kVA în sus cu tensiunea nominală : — pînă la 2 000 V — peste 3 000 V pînă la 6 000 — peste 6 000 V	$2U + 1\,000$ V dar minimum 1 500 V $2U + 1\,000$ V $2{,}5\,U$ $2U + 3\,000$ V
4	Bobinajele de excitație ale generatoarelor sincrone la care tensiunea nominală de excitație nu este mai mare de 750 V.	de 10 ori tensiunea nominală de excitație : minimum 1 500 V maximum 3 500 V

Nr. crt.	Specificarea mașinii sau părților ei	Tensiunea eficace de încercare
5	Bobinajele de excitație ale motoarelor sincrone și ale comutatricelor : a) Mașini cu pornire directă în curent polifazat : — dacă pornirea mașinii se face cu bobinajul de excitație închis pe rezistență sau pe sursa sa de alimentare — dacă pornirea mașinii se face cu circuitul bobinajului de excitație deschis, fragmentat pe secțiuni — dacă pornirea mașinii se face cu circuitul bobinajului de excitație deschis, nefragmentat b) Mașini cu pornirea altfel decît în curent polifazat : — motoarele sincrone demarate cu motoare de pornire — comutatricele demarate cu motor de pornire sau în curent continuu	 de 10 ori tensiunea nominală de excitație minimum 1 500 V 1 000 V + de 10 ori tensiunea nominală de excitație, minimum 1 500 V 1 000 V + de 20 ori tensiunea nominală de excitație minimum 1 500 V maximum 8 000 V de 10 ori tensiunea nominală de excitație minimum 1 500V 1 000 V + dublul tensiunii nominale de excitație minimum 1 500 V
6	Excitatricele tuturor mașinilor electrice de orice tip	1 000 V + dublul tensiunii nominale minimum 1 500 V
7	Bobinajele secundare (rotorul motoarelor asincrone) care nu se află în stare de scurt-circuitare permanentă : a) Pentru motoarele nereversibile b) Pentru motoarele reversibile	 1 000 V + de două ori tensiunea nominală a bobinajului, rotorului 1 000 V + de patru ori tensiunea nominală a bobinajului rotorului
8	Mașini sau aparate montate în grup	Dacă se supune încercării o grupă de mașini noi de curînd instalate și asamblate dintre care fiecare a fost supusă încercărilor corespunzătoare de rigiditate dielectrică atunci tensiunea de încercare nu trebuie mărită peste 85 % din tensiunea cea mai mică de încercare a mașinilor asamblate
	Motoare de curent continuu pentru macarale	$3U + 1\,000$ V

ează ca și pentru o mașină nouă, adică prin aplicarea tensiunii totale de încercare. Dacă este înlocuită numai o parte a bobinajului, atunci se poate încerca la tensiunea totala numai această parte a bobinajului, iar după executarea legăturilor cu restul bobinajului se poate încerca întregul bobinaj la o tensiune redusă față de tensiunea de încercare, tensiune stabilită la aprecierea beneficiarului.

În cazul producției de masă, se poate efectua încercarea în grup a izolației la mașini avînd aceeași tensiune de încercare, cu condiția ca, pentru fiecare dintre ele, încercarea să concorde cu cerințele standardului. Dacă izolația uneia dintre mașini a fost străpunsă, celelalte mașini vor trebui să fie supuse încercării complete în continuare, fără a se ține seama de timpul în decursul căruia, pînă la străpungerea mașinii amintite, ele au fost sub tensiune.

În cazul că mașina este montată și supusă la probele de încălzire, atunci încercarea izolației trebuie făcută imediat după această probă, cînd mașina are temperatura de funcționare. Verificarea în aceste condiții este indicată, deoarece fiind caldă, izolația se comportă diferit și caracteristicile ei electroizolante scad.

STAS 1893-50 prevede ca și în cazul încercării cu mașina în stare caldă și în cazul cînd mașina este în stare practic rece, încercarea izolației trebuie să fie precedată de încercările de supraturație și de suprasarcină de scurtă durată. Aceste încercări, efectuate înaintea încercărilor de izolație la masă, sînt necesare întrucît în timpul rotirii, în bobinajul părților ce se află în mișcare, datorită solicitarilor prin forțele radiale centrifugale, pot apărea deteriorări de izolație. De asemenea, suprasarcinile accidentale sînt urmate de creșterea curentului care va provoca solicitări electrodinamice. Efectul negativ al acestor două regimuri anormale de lucru va putea fi preîntîmpinat prin supunerea mașinii la aceste probe înainte de încercarea izolației.

Scopul final al încercării izolației la masă îl constituie determinarea locului străpungerii și remedierea defectului. La străpungerea izolației are loc o carbonizare a izolației la locul respectiv, pe toată adîncimea ei. La prima străpungere nu se reușește totdeauna să se determine locul străpungerii. Se recomandă scăderea și întreruperea imediată a tensiunii la constatarea străpungerii, pentru a

nu provoca un contact direct între bobinaj și masă, lucru ce îngreuiază descoperirea străpungerii. Detectarea acestui loc se realizează prin aplicarea din nou a tensiunii la locul străpuns, în acest timp observîndu-se apariția fumului, scînteilor sau a zgomotului produs de scînteile care iau naștere într-un loc ascuns vederii. Dacă semnele străpungerii nu sînt vizibile, se va proceda la divizarea bobinajului desfăcîndu-se legăturile și separîndu-se din aproape în aproape.

Uneori, încercările mașinilor la locul de instalare se fac cu ajutorul kenotroanelor (folosite pentru încercarea izolației cablurilor), acestea constituind o sursă de înaltă tensiune redresată. Cu toate că o astfel de încercare nu este prevăzută de condițiile standardelor (care sînt întocmite pentru o tensiune alternativă de frecvență industrială, și nu conțin indicații pentru înlocuirea acesteia cu o tensiune oarecare echivalentă), totuși o astfel de încercare reprezintă avantaje într-o serie de cazuri, din cauza ușurinței cu care se poate executa.

În continuare se vor da unele explicații practice cu privire la efectuarea încercării izolației bobinajului față de masă.

Problema cea mai importantă este măsurarea tensiunii de încercare la bornele sursei. Pentru aceasta se folosește un transformator de tensiune pentru coborîrea ei la o valoare redusă.

In timp ce străpungerea izolației este determinată de valoarea maximă a tensiunii, marea majoritate a aparatelor sînt executate pentru a măsura valoarea efectivă a tensiunii. Valorile mari ale tensiunii sînt determinate de abaterile curbei tensiunii de la forma practic sinusoidală. Comparînd două tensiuni, una sinusoidală și alta triunghiulară, care au valori eficace egale, se constată că cea de formă triunghiulară are o valoare maximă cu 22% mai mare decît cea sinusoidală. Măsurile indicate mai înainte sînt necesare întrucît înseși condițiile de încercare ajută la deformarea formei sinusoidale a tensiunii, prin faptul că izolația respectivă reprezintă pentru sursa de tensiune o sarcină capacitivă care dă naștere fenomenelor de rezonanță.

Pentru a înlătura acest pericol, este necesar ca în afară de măsurarea tensiunii să se facă în același timp și verificarea formei acesteia. În acest scop se folosește un eclator cu sfere, care se

conectează la bornele sursei. Protecţia se asigură prin reglarea eclatorului, astfel ca spaţiul dintre sfere să fie străpuns la o valoare a tensiunii imediat superioară tensiunii date. În cazul cînd în timpul încercării eclatorul nu a fost străpuns, se poate afirma cu toată certitudinea că forma undei tensiunii de încercare nu a fost deformată. Folosirea eclatorului creează însă pericolul punerii în scurtcircuit a sursei de tensiune în momentul străpungerii spaţiului dintre sfere. Pentru înlăturarea acestei deficienţe se recomandă conectarea în circuitul eclatorului a unei rezistenţe foarte mari.

În afară de eclator se pot folosi şi alte metode pentru verificarea formei tensiunii de străpungere. Astfel de metode sînt: folosirea oscilografului catodic sau folosirea a două voltmetre conectate în paralel, dintre care unul (electromagnetic) măsoară valoarea eficace a tensiunii, iar celălalt (electrostatic sau electronic) măsoară valoarea maximă a tensiunii, însă este gradat la valoarea eficace a acesteia. Dacă indicaţiile voltmetrelor coincid, se poate considera că unda tensiunii nu a suferit deformaţii.

Tot pentru preîntîmpinarea supratensiunii prin deformarea curbei sinusoidale a tensiunii, se va evita supraîncărcarea transformatorului ridicător de tensiune. În acest scop transformatorul trebuie să fie puţin supradimensionat. Pentru maşinile mici şi mijlocii se consideră că puterea trebuie să fie la 0,5—1 KVA pentru fiecare 1 000 V tensiune nominală. Pentru maşinile mari, această putere trebuie să depăşească de cîteva ori puterea recomandată pentru maşinile mici.

O altă măşură de protecţie este conectarea unei rezistenţe în circuitul bobinajului de joasă tensiune al transformatorului. În cazul străpungerii izolaţiei care se încearcă, rezistenţa conectată în serie protejează sursa de tensiune reglabilă împotriva suprasarcinii.

Tensiunea de încercare fiind periculoasă, sînt necesare măsuri de protecţie pentru personalul de deservire. În acest scop, se folosesc grilaje şi cuşti mobile, precum şi plăci avertizoare. Pentru prevenirea accesului în spaţiul destinat încercărilor, împrejmuirea acestuia se va prevedea cu lămpi de semnalizare care sînt în legătură cu sistemul de blocare a uşilor de acces.

Remedierea defectelor constatate la străpungere, constă în înlocuirea izolaţiei deteriorate cu alta în bună stare. Schimbarea izolaţiei se face cu sau fără demontarea bobinei în cauză, după poziţia izolaţiei. Astfel, dacă este străpunsă izolaţia crestăturii, va fi necesară scoaterea bobinei din crestături şi înlocuirea izolaţiei. Procedeele de demontare a bobinei sînt aceleaşi ca la verificarea scurt-

circuitelor între spire. Dacă a fost străpunsă izolaţia între două faze, aceasta se va înlocui uşor dacă va fi vorba de o izolaţie a capetelor de bobină sau se vor izola din nou, dacă este vorba de izolaţia legăturilor.

4.1.2. *Verificarea scurtcircuitelor între spire la statorul bobinat*

În afară de punerile la masă ale bobinajului, există alte numeroase defecţiuni care se pot ivi în statorul maşinii de curent alternativ, printre care apariţia unor scurtcircuite între spirele bobinajului.

Cea mai frecventă formă de scurtcircuitare a spirelor bobinajului o constituie scurtcircuitarea conductoarelor (două sau mai multe) aceleiaşi bobine. Un asemenea defect provine fie dintr-un defect de izolaţie, fie datorită faptului că ea a fost supusă la eforturi mecanice care i-au depăşit limita de rezistenţă. În primul caz, scurtcircuitul poate lua naştere chiar în timpul confecţionării bobinei, putînd fi depistat încă înainte ca ea să fie introdusă în crestături sau nu poate fi depistat dacă a dispărut după scoaterea bobinei de pe şablon. În cazul în care acesta nu a putut fi depistat la bobina confecţionată, va fi pus în evidenţă la încercările efectuate asupra statorului bobinat. În cel de al doilea caz, scurtcircuitul se poate produce în însăşi maşina bobinată, datorită deteriorării izolaţiei crestăturilor statorului.

Uneori, deteriorarea se produce într-un singur loc, alteori însă, deteriorarea se produce în două locuri diferite, provocînd dubla punere la masă a bobinajului. Aceste puneri la masă se pot produce la aceeaşi crestătură, adică scurtcircuitul se produce la aceeaşi bobină, deci în scurtcircuit vor fi puse un număr mic de spire în două puncte diferite ale aceleiaşi faze, sau se pot produce în două puncte aparţinînd la două faze diferite.

Dacă prin bobinajul unui stator va circula un curent alternativ, în cazul scurtcircuitării unui anumit număr de spire dintr-o bobină, acestea vor constitui înfăşurarea secundară a unui transformator, restul bobinajului formînd înfăşurarea primară ; înfăşurarea secundară fiind însă legată în scurtcircuit, curentul care va circula va fi destul de mare pentru a degaja căldură, punînd în pericol atît izolaţia proprie cît şi izolaţia bobinelor vecine.

Determinarea scurtcircuitului bobinei se poate efectua cu ajutorul electromagnetului, această metodă avînd la bază tocmai formarea unui transformator care va pune în evidență înfășurarea secundară legată în scurtcircuit. În fig. 4.1 este reprezentată construcția unui electromagnet folosit la determinarea scurtcircuitelor în bobinajele statoarelor.

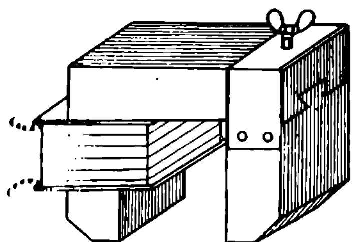


Fig. 4.1. Electromagnet pentru verificarea scurtcircuitelor în statoarele bobinate.

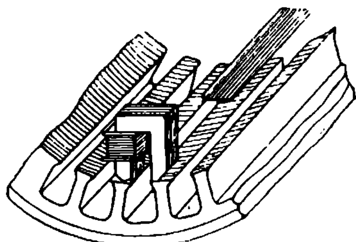


Fig. 4.2. Verificarea statorului cu electromagnetul.

Electromagnetul este format dintr-un miez de fier, executat în formă de „U", din tole de 0,35—0,5 mm grosime, izolate între ele și prevăzut cu o bobină alimentată cu un curent alternativ. Coarnele polare ale acestui electromagnet au o formă teșită pentru a se așeza exact pe circumferința interioară a miezului statoric.

În fig. 4.2 este reprezentat felul în care se lucrează cu un asemenea transformator. Acesta va cuprinde totdeauna doi dinți ai statorului, astfel ca împreună cu aceștia, miezul (jugul) statorului să închidă circuitul magnetic al electromagnetului. În bobina scurtcircuitată se induce un curent care provoacă un flux magnetic propriu. Punînd o lamă de oțel subțire pe crestătura în care se află bobina scurtcircuitată, aceasta va vibra (datorită atragerii magnetice), indicînd defecțiunea bobinei. Bineînțeles, că prin determinarea crestăturii care produce vibrarea lamei de oțel nu este determinată și bobina scurtcircuitată, decît numai în cazul bobinajului într-un singur strat unde fiecare crestătură cuprinde latura unei singure bobine. În cazul înfășurărilor în două straturi, (fig. 4.3), acest lucru nu mai este valabil, deoarece în aceeași crestătură se găsesc laturile a două bobine diferite. Deci, vibrarea lamei de oțel pe dinții care limitează

crestătura nu mai poate determina care bobină din cele două este defectă. De aceea, la producerea vibrației la una din crestături se continuă parcurgerea cu electromagnetul a celorlalte crestături simetrice față de prima cu un pas de bobinaj. În fig. 4.3 se poate observa ușor felul în care trebuie căutată bobina defectă. Astfel, dacă lama vibrează deasupra crestăturii nr. 6, se va continua

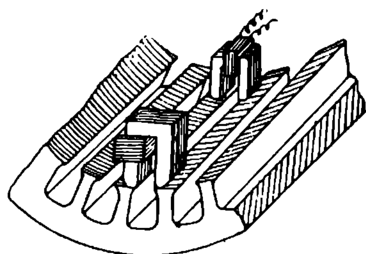


Fig. 4.3. Determinarea bobinei cu defect de scurtcircuit.

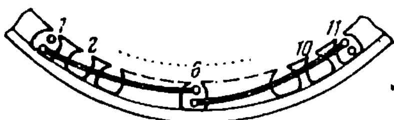


Fig. 4.4. Verificarea scurtcircuitului cu casca telefonică.

verificarea pentru crestăturile nr. *1* și nr. *11*. În caz că lama va vibra deasupra crestăturii nr. *11*, bobina defectă se va afla în crestăturile *6* și *11*, iar dacă lama va vibra deasupra crestăturii *1*, bobina scurtcircuitată se află în crestăturile *6* și *1*. Stabilindu-se în acest fel crestăturile în care se află bobina scurtcircuitată, ele se vor însemna cu cretă și se vor înapoia atelierului respectiv pentru remediere.

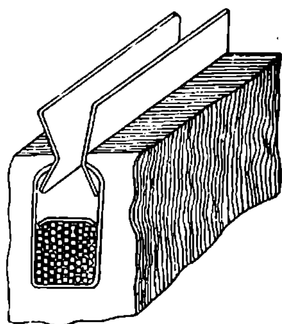
La verificarea scurtcircuitului între spire, în locul lamei de oțel se poate folosi o cască telefonică. Această cască va fi alimentată de un alt transformator mic, care să cuprindă între coarnele polare o crestătură (fig. 4.4). În cazul existenței unui scurtcircuit, fluxul produs de curentul creat în circuitul scurtcircuitat va induce în înfășurarea transformatorului menționat o tensiune de o anumită frecvență și în cască se va auzi un bîzîit care va indica existența scurtcircuitului.

Remedierea efectului se execută în funcție de felul defecțiunii și de stadiul de execuție la care se găsește înfășurarea statorului. Astfel, în cazul statoarelor mașinilor mari (unicate), la care remedierea unui defect de scurtcircuitare este foarte grea, fără deteriorarea altor bobine, mai ales după bobinarea completă, se recomandă

ca verificările la scurtcircuit să se execute după introducerea fiecărei bobine în crestături. În cazul unui scurtcircuit, bobina respectivă se poate scoate imediat fără a deranja celelalte bobine. Bobina defectă este supusă apoi separat unei verificări şi în funcţie de tipul bobinei (moale sau tare), se va proceda la remedierea defectului.

În cazul maşinilor mici se va ţine seama dacă legăturile sînt executate şi mai ales, dacă bobinajul a fost sau nu impregnat. Se înţelege de la sine că este recomandabilă verificarea pe statorul bobinat, fără legături şi neimpregnat. Este posibil însă ca un scurtcircuit existent să nu apară la primul control, adică atunci cînd maşina nu este încă impregnată, ci să iasă în evidenţă după ce au fost executate cele două operaţii amintite.

Astfel, în primul caz, cînd maşina nu a fost încă impregnată, se va proceda la scoaterea bobinei defecte fără a deranja bobinele vecine. În acest scop se vor scoate din crestături laturile bobinelor cuprinse în pasul bobinei defecte, plus două laturi şi după aceea se va scoate bobina defectă. Se va remedia defecţiunea bobinei sau se va executa alta nouă, dacă cea defectă nu se mai poate folosi. La introducerea noii bobine în crestătură, se va verifica starea izolaţiei acesteia întrucît a fost supusă deteriorării în timpul scoaterii bobinei. Pentru a preîntîmpina eventuale surprize neplăcute, se vor folosi două fîşii de izolaţie, aşezate prin suprapunere în prelungirea izolaţiei crestăturii, aşa cum este reprezentat în fig. 4.5. Procedînd astfel, se înlătură prinderea marginilor izolaţiei crestăturii prin introducerea conductoarelor bobine.


Fig. 4.5. Adaos de izolaţie la crestătură.

O situaţie dificilă, cînd statorul gata impregnat este găsit defect, apare fie în cazul unei maşini noi la care s-a constatat scurtcircuitul după impregnare, fie în cazul maşinilor venite din exploatare în atelierul de reparaţii. Se face recomandarea de a se remedia defectul pe cît posibil la fel ca în primul caz. Cum însă acest lucru nu

este în general posibil fără a pune în pericol bobinele vecine, se recomandă folosirea altor metode. Astfel, se folosește tăierea părții frontale a bobinei defecte și scoaterea conductoarelor din crestătură fir cu fir. Uneori, în funcție de impregnarea realizată, va fi necesară încălzirea prealabilă a bobinajului și implicit a locului, pentru extragerea mai ușoară a firelor din crestătură. O dată scoasă bobina din crestătură, înlocuirea acesteia se poate realiza prin două metode :

a) prin introducerea bobinei înlocuite peste celelalte bobine vecine, acestea fiind în prealabil fasonate astfel încît să facă loc noii bobine. Aspectul porțiunii de bobinaj, în cadrul căreia se află bobina nouă, va fi acela al unui bobinaj în etaj ;

b) prin țeserea pe loc a altei bobine din fir continuu sau întrerupt (în funcție de numărul de spire al bobinei). Conductorul astfel pregătit este trecut succesiv prin cele două crestături, deservirea fiind asigurată de doi lucrători, fiecare lucrînd în cîte o parte a statorului. După țeserea completă a bobinei, în cazul folosirii conductorului din bucăți, acestea se vor înseria.

După înlocuirea bobinei defecte, bobinajul se va supune din nou verificării la scurtcircuit, urmînd ca după aceasta să se execute legăturile și impregnarea lui.

Dacă scurtcircuitul se formează la părțile frontale ale bobinajului, fie prin atingerea spirelor aceleiași bobine, fie prin atingerea spirelor de la faze diferite, se va căuta în primul caz să se îndepărteze eventualele bavuri ale conductorului sau încrucișările acestora, iar în al doilea caz se vor verifica izolațiile de separare a fazelor dacă au fost corect introduse și dacă nu a fost prins conductorul de la o fază la alta.

4.2. Încercările bobinajului rotoric și remedierea defectelor

4.2.1. *Verificarea rigidității dielectrice a izolației*

Verificarea rigidității dielectrice a izolației mașinilor de curent alternativ a fost descrisă mai înainte (4.1.1). În continuare va fi descrisă verificarea rigidității dielectrice pentru rotoarele bobinate cu inele colectoare. De fapt, metoda de control nu diferă de cea descrisă în cazul

statoarelor, însă diferența constă în faptul că rotoarele, în afară de bobinajul care este asemănător cu cel existent la statoare, sînt prevăzute cu bandaje care asigură bobinajul împotriva forțelor centrifuge, precum și cu inele colectoare. Avînd în vedere aceste deosebiri, prin existența în plus a bandajelor amintite, înainte de încercarea la masă a bobinajului se vor lega la masă și bandajele, obținîndu-se astfel, în același timp și verificarea rigidității dielectrice a izolației dintre bandaje și bobinaj.

Cele mai mari dificultăți în verificarea la masă a bobinajelor rotoarelor constau în determinarea precisă a locului străpungerii, întrucît aceste locuri sînt de obicei ascunse vederii. Chiar dacă este determinat locul străpungerii, remedierea defectului rămîne anevoioasă, locurile străpungerilor fiind inaccesibile, majoritatea străpungerilor fiind provocate în părțile frontale ale bobinajelor și sub bandajele acestora. Pentru a înlătura necesitatea îndepărtării ambelor bandaje este nevoie să se determine cu precizie sub care bandaj a avut loc străpungerea. După aceea se va scoate bandajul respectiv înlocuindu-se complet, după remedierea defectului, toate elementele acestuia.

Rotoarele fiind prevăzute cu inele colectoare, acestea trebuie supuse la încercarea de străpungere încă înainte de a fi presate pe ax, adică după ce au fost asamblate pe butucul lor izolat. O a doua încercare la masă se face după presarea pe ax și conectarea bobinajului, o dată cu încercarea la masă a acestuia. În cazul străpungerii izolației dintre inelele colectoare și butucul acestora, se depresează subansamblul inele de pe ax și apoi se scot inelele colectoare de pe butuc înlocuindu-se izolația străpunsă.

În ce privește celelalte operații de remediere a străpungerilor, ele sînt asemănătoare celor efectuate la statoare.

4.2.2. *Verificarea la scurtcircuit între spire*

În cazul rotoarelor, metoda de verificare a scurtcircuitelor între spire nu diferă de cea aplicată la statoare decît prin construcția puțin diferită a electromagnetului folosit. În fig. 4.6 este reprezentat un transformator (electromagnet) folosit pentru verificarea la scurtcircuit a bo-

binajului rotoarelor, iar în fig. 4.7 este arătat felul în care se execută o asemenea verificare.

În funcţie de dimensiunile (greutatea) rotorului, acesta se va aşeza între coarnele polare ale electromagnetului sau, electromagnetul se va aşeza cu coarnele polare pe suprafaţa rotorului. La fel ca şi în cazul statoarelor, fluxul magnetic al electromagnetului se va închide prin dinţii

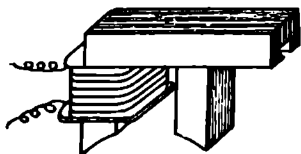


Fig. 4.6. Electromagnet pentru verificarea scurtcircuitelor în rotoarele bobinate.

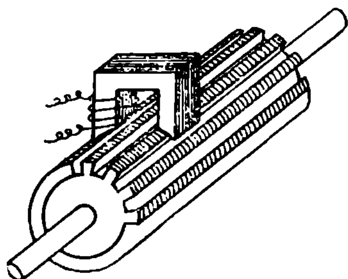


Fig. 4.7. Verificarea rotorului cu electromagnetul.

rotorului, inducînd o tensiune în spirele bobinei. În caz că există un scurtcircuit în bobina respectivă, acesta va închide circuitul bobinei provocînd naşterea unui curent şi deci a unui flux magnetic propriu, adică tocmai acela care va pune în evidenţă scurtcircuitul amintit.

Procedeul de detectare a scurtcircuitului va fi acelaşi ca şi în cazul statoarelor, adică cu ajutorul lamei de oţel sau cu ajutorul unei căşti telefonice.

4.2.3. *Determinarea raportului de transformare*

În cadrul încercărilor maşinilor electrice o etapă importantă o constituie determinarea raportului de transformare.

Determinarea acestui raport este oarecum analog cu determinarea raportului de transformare la transformatoare. Diferenţa dintre maşinile asincrone şi transformatoare constă în faptul că, în timp ce în transformatoare acest raport, este totdeauna supra unitar, deoarece bobinajul de înaltă tensiune are un număr de spire superior bobinajului de joasă tensiune, la maşinile asin-

crone acest raport poate fi oricum. Într-adevăr, în mașinile asincrone de joasă tensiune, tensiunea în bobinajul statorului este mai mare decît tensiunea în bobinajul rotorului, în timp ce la mașinile de înaltă tensiune este invers, adică tensiunea în bobinajul statorului este mai mică decît tensiunea în bobinajul rotorului.

În mașinile asincrone raportul de transformare se determină prin raportarea tensiunii bobinajului statoric la cea rotorică, deci acest raport poate fi supraunitar sau subunitar.

În afară de deosebirile dintre transformatoare și mașinile asincrone arătate mai înainte se mai constată și alte diferențe în ce privește raportul de transformare. Astfel, dacă la transformatoare bobinele unei faze se găsesc în general legate în serie, la mașinile asincrone acestea se pot realiza în una sau mai multe căi în paralel. Pentru acest motiv se iau în considerație numai spirele legate în serie. Pe de altă parte, bobinajele statorului și rotorului diferă unul de celălalt nu numai prin numărul de spire legate în serie, dar și prin factorii de bobinaj care nu sînt întotdeauna aceiași pentru ambele bobinaje.

Deci, deosebirea dintre raportul de transformare la transformatoare și cel al motoarelor asincrone constă în diferența elementelor care-l determină și în consecință, în valoarea lor numerică.

Determinarea raportului de transformare se face cu tensiuni diferite, în funcție de tensiunea nominală a mașinii respective. Astfel, pentru mașinile cu tensiune nominală pînă la 500 V, se aplică statorului tensiunea nominală, iar la mașinile cu tensiunea nominală de peste 500 V se aplică o tensiune de 10—15 % din cea nominală.

Deoarece tensiunile pe fază nu se pot măsura la orice mașină, întrucît nu toate au punctul neutru accesibil, la determinarea raportului de transformare se procedează astfel : se alimentează statorul mașinii cu tensiunea stabilită mai înainte, lăsîndu-se circuitul rotorului deschis. Apoi se măsoară ambele tensiuni în linie, pentru bobinajul statoric și cel rotoric. Valoarea raportului de transformare va fi raportul mediilor aritmetice ale valorilor tensiunilor determinate pentru stator și rotor, ținîndu-se seama ca valorile tensiunilor măsurate să nu difere între ele cu mai mult de 10 %.

Pentru a avea imaginea cît mai completă a preciziei determinării acestui raport, trebuie arătat că, spre deosebire de transformatoare unde valoarea relativă a curentului absorbit în timpul alimentării este foarte mic deoarece lipseşte întrefierul, valoarea fiind cuprinsă între 6—10%, la maşinile asincrone această valoare este de 20—30% pentru cele mari şi 40—50% din curentul nominal pentru cele mici. Acest fapt produce o scădere de tensiune în bobinajul statoric, de unde şi o valoare inexactă a raportului de transformare.

Pentru determinarea cît mai precisă a raportului de transformare se procedează în felul următor : se execută o probă prin metoda arătată mai înainte, apoi se repetă proba, alimentînd bobinajul rotorului cu o tensiune egală cu aceeaşi cotă din tensiunea lui nominală care s-a indicat în cazul primei metode. În acest timp se lasă circuitul statorului deschis. Calculîndu-se raportul de transformare obţinut prin ambele determinări, se obţin două valori ale acestuia, K_{T1} şi K_{T2}. Valoarea reală a raportului de transformare va fi :

$$K_T \approx \frac{K_{T1}+K_{T2}}{2} \approx \sqrt{K_{T1} \cdot K_{T2}}.$$

4.2.4. *Verificarea cîmpului învîrtitor*

După executarea legăturilor, la statoarele şi rotoarele maşinilor de curent alternativ este necesară o verifi-

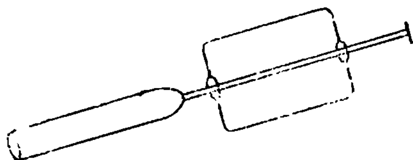


Fig. 4.8. Dispozitiv pentru verificarea cîmpului învîrtitor.

care pentru a se constata dacă nu au fost legate invers unele bobine.

Pentru efectuarea acestui control se foloseşte dispozitivul reprezentat în fig. 4.8. Acest dispozitiv reprezintă

o spiră în scurtcircuit, prin ale căror laturi frontale s-a introdus un ax în jurul căruia se poate roti.

Statorul sau rotorul care trebuie controlat se alimentează cu o tensiune mult redusă (10...15% din tensiunea nominală) şi se aduce dispozitivul în apropierea miezului magnetic. Spira începe imediat să se învîrtească, în sensul rotirii cîmpului învîrtitor. În timp ce se parcurge periferia miezului magnetic (la statoare prin interior iar la rotoare pe la exterior), dacă se întîlneşte o bobină care are legăturile inversate, spira se opreşte şi continuă apoi învîrtirea în sens invers. După ce iese din zona bobinei cu legăturile inversate, spira dispozitivului revine la primul sens de rotaţie. Zona cu defect se însemnează cu cretă şi piesa defectă se trimite la atelier pentru remediere.

Capitolul 5

ÎNCERCAREA BOBINAJELOR MAŞINILOR ELECTRICE DE CURENT CONTINUU

5.1. Încercările bobinajelor statoric şi rotoric şi remedierea defectelor

Defectele bobinajelor maşinilor de curent continuu diferă de cele ale maşinilor de curent alternativ, datorită unor subansamble constructiv diferite, precum şi complexităţii şi diversităţii conexiunilor; în alte cazuri, simplitatea constructivă faţă de maşinile de curent alternativ impune o tratare separată a acestor defecte.

5.1.1. *Încercarea rigidităţii dielectrice a izolaţiei*

Maşina de curent continuu poate să fie prevăzută cu două, trei sau chiar mai multe bobinaje (înfăşurarea rotorică, înfăşurarea derivaţie, înfăşurarea serie, înfăşurarea auxiliară), fiecare avînd roluri diferite şi lucrînd la tensiuni diferite. Astfel, înfăşurarea derivaţie suportă tensiunea nominală a maşinii, în timp ce înfăşurările serie şi auxiliară preiau numai o parte din această tensiune. În consecinţă, verificarea bobinajului statoric se face veri-

ficînd bobinele (cele care se suprapun) una față de cealaltă precum și față de masă.

În ce privește bobinajul rotoric, trebuie să se țină seama că acesta este prevăzut cu bandajele de asigurare. La verificarea rigidității dielectrice a bobinajului rotoric, bandajele se vor lega la masă. În acest fel se va verifica la tensiunea de străpungere și izolația dintre bandaje și bobinaj. Dacă totuși legarea la masă a bobinajelor nu se poate face dintr-un motiv oarecare, atunci se va proceda la verificarea separată a acestora, cu aceeași tensiune de încercare ca pentru bobinaj, dar conectînd bobinajul la masă.

În ce privește verificarea rigidității dielectrice a bobinajului la indusurile care au fost reparate, se va ține seama de caracterul acestei reparații ; dacă la reparația bobinajului indusului s-a înlocuit izolația cu alta nouă, atunci tensiunea de încercare va fi aceeași ca pentru mașinile noi. Acest lucru este valabil numai în cazul cînd s-a înlocuit și izolația colectorului. Dacă aceasta nu a fost înlocuită, atunci se poate aplica tensiunea totală de încercare, dar numai asupra bobinajului înainte ca acesta să fie legat la colector. Dacă indusul a suferit numai o reparație parțială, atunci se poate face încercarea întregului bobinaj la tensiune redusă sau se poate încerca separat partea nouă de bobinaj la tensiunea maximă, iar cel vechi la tensiune redusă.

În ce privește remedierea defectelor, procedeele sînt aceleași ca și la mașinile de curent alternativ. Se observă însă deosebiri datorită unor elemente suplimentare care intră în componența ansamblului respectiv.

Remedierea defectelor datorate străpungerii la masă a bobinajului statoric este destul de simplă dacă străpungerea nu a fost de lungă durată și nu a provocat arderea izolației spirelor. O dată locul străpungerii determinat (v. paragraful 4.1.1), se vor desface legăturile, dacă acestea sînt făcute, apoi se va demonta polul în cauză, înlocuindu-se atît izolația acestuia cît și cea a bobinei. Dacă bobinele au fost impregnate, după înlocuirea izolației, considerîndu-se că spirele au rămas impregnate, bobina nu se va mai supune la același regim de impregnare ca la început. În funcție de destinația mașinii și deci de numărul de impregnări ale bobinei, de data aceasta bobina se va impregna de mai puține ori față de

regimul bobinei noi. După uscarea şi montarea bobinei, întregul bobinaj al statorului se va supune din nou tensiunii de străpungere, deoarece bobina nou izolată ar putea să prezinte defecte, iar vechile bobine, datorită străpungerii izolaţiei bobinei amintite, nu au putut fi verificate pînă la tensiunea maximă prescrisă.

Dacă însă străpungerea n-a avut loc între bobină şi pol, ci între bobină şi carcasă, atunci, în afară de izolaţia bobinei se va verifica şi starea suprafeţei carcasei care vine în contact cu bobina. În caz că există proeminenţe rămase din turnare sau de la crăiţuire, acestea se vor îndepărta. Dacă nu aceasta este cauza şi nici calitatea izolaţiei folosite, atunci se va verifica grosimea bobinei, deoarece la execuţie există posibilitatea umflării ei, iar cînd la montare este strînsă cu polul, se produce în mod sistematic distrugerea izolaţiei.

La indus, separat de străpungerea izolaţiei bobinajului la masă, se poate produce străpungerea izolaţiei dintre bandaje şi bobinaj. În cazul acesta, singura soluţie o constituie stabilirea precisă a bandajului respectiv şi înlocuirea lui, folosind însă o nouă izolaţie. După executarea noului bandaj se va încerca la străpungere întregul bobinaj, inclusiv noul bandaj, deoarece în timpul executării acestuia, bobinajul a fost presat către fundul şi colţurile crestăturilor.

La determinarea locului străpungerii se va ţine seama de faptul că există mai multe posibilităţi de străpungere. În caz că se străpunge izolaţia faţă de masa propriu-zisă a indusului, aceasta se va înlocui fie prin scoaterea bobinei respective, dacă străpungerea a avut loc în crestătură, fie prin înlocuirea directă a izolaţiei, dacă este accesibilă, aşa cum este cazul suportului bobinajului. Străpungeri se mai pot produce şi la capetele bobinelor, la introducerea lor în steguleţele colectorului, prin atingerea capetelor de părţile metalice ale colectorului. În acest caz, după determinarea precisă a locului străpungerii, se vor scoate de la colector capetele bobinei în cauză şi apoi se va proceda la întărirea izolaţiei acestora.

O altă cauză a străpungerii izolaţiei poate fi slaba izolare a colectorului. În acest caz este necesară scoaterea tuturor capetelor de bobine de la colector şi apoi scoaterea colectorului de pe arborele indusului. O dată scos, colectorul va fi iarăşi supus unui control pentru deter-

minarea cît mai exactă a locului străpungerii, după care se va proceda la demontarea lui. Apoi, verificarea vizuală a colectorului se va face progresiv pe măsura demontării acestuia. Astfel, la colectoarele cu lamele în coadă de rîndunică, asamblate cu inele conice, se va demonta piulița de strîngere și se vor verifica conurile izolate, care izolează inelele de presare. (În prealabil, coroana lamelelor se strînge cu ajutorul unui colier pentru a se evita desfacerea ei.) Se verifică aceste conuri izolante, deoarece ele constituie obiectul străpungerilor izolației colectorului, înlocuindu-se cele găsite defecte. Dacă colectorul este cu inele de strîngere îngropate, demontarea lui se rezumă de fapt la depresarea coroanei de pe butucul izolat, după care se reizolează butucul. Înainte de reasamblarea colectorului, se curăță toată coroana între lamele, înlocuindu-se eventualele lamele izolante care au fost deteriorate, după care se execută o încercare între lamele. După asamblare colectorul se verifică iarăși la tensiunea maximă de încercare, după care, în cazul rezultatului favorabil, acesta se presează din nou pe ax. În urma introducerii conductoarelor bobinajului în stegulețe, colectorul va suporta o nouă serie de solicitări, datorită cărui fapt tot indusul va fi supus la o nouă verificare a rigidității dielectrice a izolației.

5.1.2. *Verificarea scurtcircuitelor între spire la bobinajele statoric și rotoric*

Scurtcircuitele în bobinele polare se determină încă înainte de a fi montate pe poli și în carcasă. Totuși, în timpul montării lor în mașină pot apărea scurtcircuite în urma efortului de presare la care sînt supuse.

Datorită acestui fapt bobinele au porțiuni care se prezintă ca niște circuite nestrăbătute de curent, din care cauză nici nu se încălzesc în timpul funcționării mașinii, în timp ce restul bobinajului se încălzește. Nu se poate admite funcționarea mașinii cu spire scurtcircuitate, întrucît acestea creează fluxuri inegale în poli și deci duce la producerea curenților de egalizare în bobinajul indusului.

În ce privește indusul mașinii de curent continuu, scurtcircuitul bobinajului acestuia se determină la fel ca la motoarele mașinilor de curent alternativ. La rotoa-

rele mașinilor de curent continuu mai există însă și colectorul care poate prezenta defecte de scurtcircuit între lamele și care de fapt se verifică înainte de a presa colectorul pe arbore. Această verificare constă în controlul izolației dintre lamele cu o tensiune joasă. Totuși, în timpul bobinării indusului, colectorul este supus la eforturi mecanice datorită introducerii conductoarelor de bobinaj în stegulețele lamelelor. Totodată, la lipirea conductoarelor în stegulețe, se poate scurge cositor între lamele, provocînd scurtcircuitarea lor.

5.1.3. *Verificarea executării corecte a bobinajului indusului*

Metoda constă în măsurarea rezistențelor secțiilor bobinajului și anume, pentru bobinajul buclat, între două lamele alăturate ale colectorului, iar pentru bobinajul ondulat între lamelele distanțate cu un pas la colector.

Pentru verificarea pasului la colector la bobinajul ondulat se vor determina lamelele între care valoarea rezistenței măsurate este cea mai mică, distanța dintre ele fiind dublul pasului polar. În acest caz, rezistența măsurată este rezistența unui circuit complex în care o secție este legată în paralel cu restul bobinajului. Acesta din urmă, este format la rîndul său, în cazul existenței legăturilor echipotențiale dintr-o serie de căi în paralel, legate între ele. Datorită faptului că rezistența bobinei va fi mai mică decît a restului bobinajului cu care este legată în paralel, oricare ar fi condițiile, prin metoda arătată se poate determina orice defect de natură să provoace o mărire sau o scădere bruscă a rezistenței acesteia, așa cum ar fi o lipitură defectuoasă, un scurtcircuit în secție, o întrerupere etc. Abaterea cu o lamelă de la cea care indică rezistența minimă, dă o creștere foarte mare a rezistenței.

Pentru bobinajul buclat simplu, numărul de poli fiind oarecare, fără legături echipotențiale, cu număr impar de perechi de poli, bobinajul fiind închis o singură dată, verificarea se face astfel : se alimentează bobinajul indusului prin două lamele ale colectorului diametral opuse, măsurîndu-se căderea de tensiune pentru fiecare secție între două lamele alăturate. Verificarea se face cu un milivoltmetru, cu ajutorul a două vîrfuri metalice (tastere).

În cazul rotoarelor care au legături echipotențiale, acestea se vor verifica în felul următor : se măsoară rezistențele dintre lamelele care se găsesc una față de alta la distanță egală cu un pas al legăturilor echipotențiale pe colector. Această distanță este egală cu cîtul dintre numărul lamelelor colectorului și numărul perechilor de poli :

$$y_{Ke} = \frac{n_k}{p},$$

în care :

n_k este numărul lamelelor colectorului ;
p — numărul perechilor de poli.

Vor apărea două situații : una corectă pentru legături echipotențiale complete și o a doua incorectă, cu număr mai mic de legături echipotențiale. În primul caz, rezistențele măsurate între două lamele oarecare, trebuie să fie egale, iar în cel de al doilea caz, rezistențele vor avea valori cuprinse între o valoare minimă, care corespunde măsurării rezistenței între lamelele prevăzute cu legături echipotențiale și o valoare maximă care corespunde măsurării rezistenței între lamelele cele mai îndepărtate de cele prevăzute cu legături echipotențiale. În ambele cazuri diferențele în plus sau în minus vor indica defecte de lipire, întreruperi sau scurtcircuite.

5.1.4. *Controlul lipiturilor la colector. Alte defecte la rotor*

Procedeele de fixare a capetelor conductoarelor la lamelele colectorului sînt diferite. La unele colectoare foarte mici, lamelele nu au prevăzută nici o crestătură, capătul bobinei urmînd a fi lipit direct deasupra lamelei (fig. 5.1). Lamelele altor colectoare au prevăzută o crestătură la unul din capete, executată prin frezare, lățimea crestăturii fiind aleasă în așa fel încît conductorul să intre în ea puțin forțat. De altfel, după introducerea conductorului lamela se sertizează cu ajutorul unei dălțițe pentru a bloca conductorul în crestătură (fig. 5.2). O altă formă de fixare la lamelă a conductorului este realizată prin intermediul unui steguleț format din tablă de cupru. El se poate executa separat de lamelă sau din însăși

lamela colectorului. În fig. 5.3 sînt reprezentate ambele construcţii de stegulețe, prima fiind formată dintr-o singură fîșie de tablă formată manual sau cu o matriță și care se introduce în crestătura frezată a lamelei, iar cea

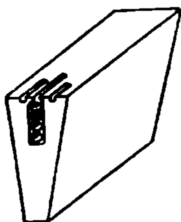


Fig. 5.1. Lamelă cu conductorul lipit la suprafață

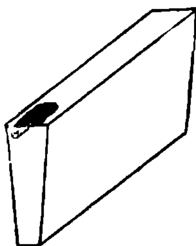


Fig. 5.2. Lamelă cu crestătură sertizată

de a doua este realizată din tablă tăiată în forma lamelei și care întregește de fapt lamela. În primul caz, stegulețul se fixează în crestătura lamelei prin nituire și cositorire sau prin sudare cu material ușor fuzibil, cum ar

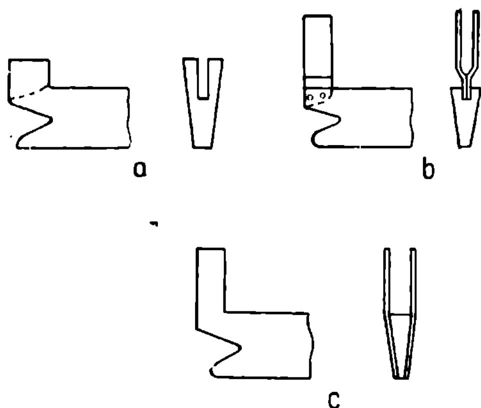


Fig. 5.3. Diferite tipuri de stegulețe:
a – din lamelă; *b* – nituit; *c* – special

torire sau prin sudare cu material ușor fuzibil, cum ar fi cupru fosforos la care s-a adăugat un anumit procent de argint care asigură obținerea unui aliaj nefragil, calitate pe care nu o are aliajul cupru-fosfor. După introdu-

cerea conductoarelor în steguleţele lamelelor, acestea se lipesc cu aliaj de cositor pentru a se asigura un contact electric şi mecanic bun între cele două elemente. Lipirea se poate executa cu ciocanul de lipit, sau în băi speciale cu cositor. Lipirea cu ajutorul unor astfel de băi se realizează prin cufundarea steguleţelor în baia cu cositor asigurîndu-se restul colectorului împotriva cositorului, cu ajutorul unui inel şi a unei garnituri de azbest.

Atît în cazul folosirii ciocanului de lipit cît şi în cazul folosirii băii cu cositor pot apărea aceleaşi defecţiuni în lipirea steguleţelor şi anume, topirea cositorului fără a se obţine fluiditatea necesară pătrunderii acestuia prin toate spaţiile mici dintre conductoare şi steguleţe. Pentru obţinerea fluidităţii necesare este nevoie să se încălzească la temperatura de topire a cositorului atît acesta cît şi ansamblul conductoare-steguleţe. În caz contrar, se va obţine o lipire superficială şi deci un contact necorespunzător între conductoare şi steguleţe. Pentru a preîntîmpina defecţiuni grave ce se pot produce în maşină, datorită lipiturilor incorecte la colector, este necesară executarea unui control al acestora.

Un prim control se execută vizual, trecîndu-se în revistă fiecare lipitură în parte. O lipitură executată corect se poate determina vizual după aspectul ei : cositorul trebuind să aibă aspectul unui fluid care s-a întins uşor ; nu este admis nici un orificiu sau suprafaţă de contact fără cositor.

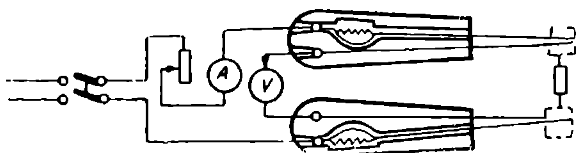


Fig. 5.4. Dispozitive pentru măsurarea căderii de tensiune

Un control bun se poate executa prin metoda măsurării căderii de tensiune, cu ajutorul unui aparat, ca cel reprezentat în fig. 5.4. Procedeul este următorul : se numerotează mai întîi lamelele colectorului. Se reglează

reostatul R la valoarea sa maximă, apoi se închide întrerupătorul K. Se așază barele b_1 și b_2 pe două lamele, avînd grijă să se aleagă o suprafață a lamelei care poate permite eventualele degradări provocate de scînteile de contact (de preferință frontal). Se apasă apoi pe bară, conectînd în acest fel voltmetrul la lamelele ce se controlează. Curentul ce trece prin lamele va fi reglat cu ajutorul reostatului R, și măsurat de ampermetrul conectat în serie. Reostatul se va regla în așa fel încît deviațiile voltmetrului și ampermetrului să fie destul de vizibile pentru a le putea citi cu ușurință. Controlul se face deplasînd barele din lamelă în lamelă pe tot colectorul. În tot acest timp, se notează indicațiile voltmetrului și ampermetrului pentru fiecare pereche de lamele alăturate. Dacă una din lipituri nu este corect executată, indicația voltmetrului trebuie să arate o diferență foarte mare față de celelalte, în funcție de mărimea defectului. Dacă lamele nu prezintă defect de lipire, atunci diferența căderii de tensiune dintre ele, măsurată cu voltmetrul V, trebuie să fie de circa 5—10%. În caz că s-au găsit lamele prost lipite, se va trece la remedierea lor. Dacă în această situație sînt numai cîteva lamele, atunci se vor lipi din nou numai acestea. Dacă însă procentul de lamele lipite defectuos este mare, se va trece la relipirea tuturor lamelelor. După această remediere, lipiturile vor fi supuse unui control nou.

Cu același aparat reperezentat în fig. 5.4 se pot determina și scurticircuitele dintre spirele bobinajului. Procedeul este același ca și în cazul controlului lipiturilor la colector. În cazul cînd în secția controlată există spire scurtcircuitate, datorită micșorării rezistenței acesteia, indicațiile voltmetrului vor fi mai mici, deoarece și căderea de tensiune din secția respectivă va fi mai mică.

După indicațiile voltmetrului se poate constata și o eventuală diferență în plus a numărului de spire. În acest caz căderea de tensiune va fi mai mare și în consecință deviațiile voltmetrului vor fi mai mari.

VERIFICAREA IZOLAȚIEI. CONSIDERENTE PRIVIND EXECUȚIA BOBINAJELOR

6.1. Măsurarea rezistenței izolației

Una dintre primele verificări ce se execută asupra mașinilor electrice o constituie măsurarea rezistenței izolației bobinajului față de masa mașinii și a izolației dintre diversele bobine.

STAS 1893-50 indică că această rezistență nu trebuie să fie mai mică decît rezistența obținută cu relația :

$$r = \frac{U}{1\,000 + \frac{P}{100}} \quad (\mathrm{M}\Omega),$$

în care :

r este rezistența izolației ;
U — tensiunea nominală a bobinajului, V ;
P — puterea nominală a mașinii, kVA.

Măsurarea rezistenței izolației la mașinile polifazate ar putea prezenta unele discuții. Într-adevăr, nu este totuna dacă se efectuează măsurarea rezistenței izolației întregului bobinaj sau dacă se efectuează pentru fiecare fază separat. În cazul măsurării rezistenței izolației pentru o mașină cu mai multe faze, rezistența măsurată apare ca o grupare în paralel de tot atîtea rezistențe cîte faze are. Considerînd că este vorba de o mașină trifazată, rezistența izolației va fi : $\frac{1}{r_t} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$, unde : r_1, r_2, r_3... sînt rezistențele izolației pentru cele trei faze.

Cum însă rezistențele fazelor sînt egale, situația va fi : $\frac{1}{r_t} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} = \frac{3}{r}$ de unde $r_t = \frac{r}{3}$, sau pentru o mașină cu „m" faze :

$$r_t = \frac{r}{m}.$$

Totuși, această nesiguranță în aprecierea valorii reale a rezistenței izolației poate fi înlăturată, procedîndu-se analog cu încercările izolației bobinajului față de masa mașinii. Astfel, în cazul cînd începuturile și sfîrșiturile fazelor bobinajului sînt accesibile, ele se vor desface de

la restul bobinajului și faza respectivă se va încerca separat. Dacă însă conexiunea fazelor este făcută în interiorul mașinii, atunci se consideră întregul bobinaj ca un singur circuit. În cazul cînd bobinajul nu are fazele unite electric între ele în interiorul mașinii, începuturile și sfîrșiturile lor fiind scoase separat, cu scopul conectării la tensiuni diferite, măsurarea rezistenței izolației se efectuează pentru întregul bobinaj. Totuși, se poate executa și separat măsurarea fazelor, una față de cealaltă. Un caz concret îl constituie bobinajul mașinilor de curent continuu în două straturi, legate de colectoare diferite. Este de la sine înțeles că în acest caz va trebui măsurată și rezistența de izolație între cele două bobinaje.

În cazul bobinelor polare ale mașinilor electrice, constituite din înfășurări conectate în paralel, în serie etc. cu rotorul, acestea se vor considera circuite separate și deci măsurarea rezistenței izolației se va executa pentru fiecare în parte.

Este cunoscut faptul că o dată cu creșterea temperaturii, rezistența izolației scade. De aceea se va măsura rezistența izolației la temperatura de lucru sau în cazul măsurării rezistenței acesteia în stare rece, se va ține seama de fenomenul amintit.

Pentru măsurarea rezistenței izolației se folosește megohmmetrul cu tensiunea de 500 V. Cu acesta se pot măsura rezistețe pînă la 100 MΩ, iar pentru măsurarea unei rezistențe mai mari, se va folosi alt megohmmetru avînd tensiunea mai mare (1 000 V) cu condiția ca tensiunea acesta să nu atingă valoarea tensiunii de străpungere a izolației.

Folosirea megohmmetrului se face legîndu-se la masa mașinii borna acestuia destinată legării la pămînt, iar cealaltă bornă la capătul liber al bobinajului. În cazul măsurării rezistenței izolației între bobinele sau fazele înfășurării, se vor lega ambele borne ale megohmmetrului la cîte un capăt al fiecărei bobine, respectiv faze. Pentru măsurarea rezistenței izolațiilor cu valori mici, se folosesc ohmmetre sau punți de măsurat. În acest caz se vor efectua cîte două măsurători, schimbîndu-se de fiecare dată sensul curentului. Se va considera că izolația respectivă nu conține umezeală dacă în ambele cazuri valorile obținute sînt egale, ceea ce denotă că nu există

nici o forță electromotoare între bobinaj și masa mașinii și care ar lua naștere în cazul prezenței umezelii.

La măsurarea rezistenței izolației, trebuie ținut seama de apariția unor descărcări electrice, datorită prezenței unui condensator adică a unei capacități electrostatice în mașina electrică asupra căreia se execută măsurarea. Într-adevăr, conductoarele bobinajului, împreună cu izolația și masa mașinii, formează un condensator, în care conductoarele formează o armătură, masa mașinii formează a doua armătură, iar izolația dintre acestea două formează izolația dintre armăturile condensatorului, adică dielectricul.

Pentru evitarea unui accident ce s-ar putea ivi în cazul atingerii capetelor conductorilor după măsurare, de către orice persoană, tensiunea acumulată trebuie scursă la pămînt, prin legarea bobinajului la masa mașinii timp de circa două minute.

La măsurarea rezistenței izolației la mașinile de înaltă tensiune se ivesc dificultăți datorită capacității mari ce o prezintă bobinajele acestora. Dificultatea constă în faptul că această capacitate trebuie încareată cu un potențial egal cu tensiunea sursei megohmmetrului. Pentru a realiza aceste încărcări este necesară acționarea megohmmetrului un timp îndelungat, ceea ce este foarte obositor pentru cel ce execută măsurarea. Pentru diminuarea acestui neajuns se adaptează la megohmmetru un motoraș, de acționare. Tot în acest scop se pot folosi megohmmetre cu instalație redresoare, alimentată de la rețeaua de curent alternativ. În ambele cazuri, pentru a realiza măsurarea, se așteaptă stabilizarea completă a indicațiilor megohmmetrului, care vor varia un timp. În funcție de durata de stabilizare a indicațiilor megohmmetrului, se apreciază gradul de umiditate a izolației. Bazat pe aceasta s-a stabilit metoda de absorbție cu ajutorul căreia se determină durata de stabilizare a megohmmetrului în cazul rotirii continue și uniforme. Această durată este determinată ca fiind raportul dintre două indicații ale megohmmetrului și anume, indicația care arată r_{15} (rezistența după 15 min de la începerea rotirii megohmmetrului) și r_{60} (măsurată după 60 s). În cazul cînd este respectată egalitatea

$$k = \frac{r_{60}}{r_{15}} \geqslant 1{,}3$$

în care *k* poartă denumirea de *coeficient de absorbție*, izolația se consideră practic uscată.

Ca îndrumări practice, se arată că măsurarea rezistenței de izolație pentru bobinaje impregnate se face astfel : după ce acestea au fost ținute în cuptor un timp egal cu cel indicat în documentația tehnică respectivă, rezistența izolației se măsoară imediat după scoaterea din cuptor pentru a verifica comportarea acesteia încă în stare caldă. În caz că rezultatul măsurătorii nu este corespunzător celui indicat, bobinajul respectiv se va introduce din nou în cuptor și se va ține un timp oarecare, în funcție de durata normală de uscare și de rezultatul măsurării.

Rezistența izolației la bobinele polare, după impregnare, se poate verifica fie înainte de scoaterea acestora din dispozitivul de presare, fie folosindu-se un alt dispozitiv de presare. Procedeul de remediere al unei eventuale rezistențe de izolație mici, va fi identic cu cel expus în cazul statorului sau rotoarelor bobinate.

6.2. Considerații privind executarea corectă a bobinajelor

În afară de calitatea materialelor folosite la bobinarea mașinilor electrice, cauza principală a defectelor în mașinile electrice o constituie executarea incorectă a bobinajelor. Primul lucru de care trebuie să-și dea seama fiecare executant este felul materialelor pe care urmează să le folosească. Materialele izolante folosite (pentru izolarea crestăturilor, pentru izolarea straturilor din crestătură, pentru coturile ce se introduc între capetele bobinelor în vederea izolării fazelor una față de alta etc.) trebuie să fie cele prescrise în documentația tehnică, dacă mașina este nouă sau trebuie să corespundă izolației găsită în mașină înainte de a fi demontată, cînd mașina este venită pentru reparație sau, să se țină seama de caracteristicile mașinii și de condițiile de exploatare, dacă mașina urmează să fie rebobinată. Se verifică cu atenție, vizual, calitatea acestor materiale, dacă cartonul preșpan nu este degradat, dacă micafoliul nu se exfoliază etc. Trebuie ținut seama de faptul că o mașină electrică izolată cu materiale corespunzătoare tensiunii și condițiilor de exploatare a mașinii, care însă au anumite puncte cu izolația slăbită, nu mai poate fi cotată ca fiind izolată corespunzător funcționării normale a mașinii ; ea

poate fi considerată ca fiind prevăzută cu izolație, corespunzător punctelor slăbite. Aceasta impune o atenție deosebită izolării mașinii, fără porțiuni de izolație deteriorată sau slăbită.

La confecționarea bobinelor, în special a celor pentru mașinile asincrone, se va verifica șablonul din punct de vedere al finisării suprafețelor precum și din punct de vedere al lățimii, această din urmă condiție fiind necesară pentru a nu se produce încrucișarea conductoarelor spirelor, la introducerea lor în crestătură, cauzată de executarea unei bobine mai late decît înălțimea crestăturii. Acest lucru conduce în ultimă instanță la scurtcircuitarea spirelor. În timpul înfășurării spirelor pe șablon se va urmări așezarea acestora într-o anumită ordine, deoarece, în general, cauza scurtcircuitelor între spire o constituie tocmai încrucișarea conductoarelor lor, fie în timpul confecționării bobinelor, fie în timpul introducerii bobinei în crestătură.

Bobinele trebuie formate pe cît posibil în afară, înainte de a fi introduse în crestătură. Bobinele rotorice și statorice vor avea, pe cît posibil, forma din timpul bobinării, formîndu-se dinainte și coturile, deoarece formarea acestora pe mașină, adică după introducerea bobinei în crestături, provoacă forțarea și chiar deteriorarea izolației la colțurile crestăturilor. În vederea așezării ordonate a conductoarelor în crestătură se va folosi o pană din lemn lustruită sau din alt material adecvat care se va plimba prin crestătură, așa cum este reprezentat în fig. 6.1. Nu este permisă folosirea de scule metalice deoarece acestea deteriorează izolația conductoarelor și chiar a crestăturilor. După cum s-a mai arătat, încrucișările conductoarelor duc la strivirea izolației acestora și deci la scurtcircuitarea lor.

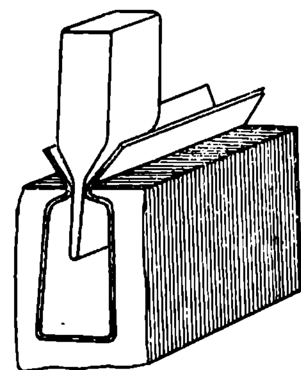


Fig. 6.1. Folosirea penei pentru aranjarea conductoarelor în crestătură.

În ce privește forma penei crestăturii, aceasta trebuie să aibă lățimea egală cu lățimea crestăturii la nivelul

introducerii ei. De asemenea, forma secţiunii penei trebuie să corespundă cît mai exact formei secţiunii crestăturii. Lăţimea şi forma necorespunzătoare a penei produce răsucirea ei în crestătură şi nesiguranţa fixării conductoarelor.

După introducerea fiecărei bobine în crestătură, mai este necesară fasonarea lor suplimentară pentru ca ele să ocupe locul strict ce le-a fost rezervat. Nu este ad-

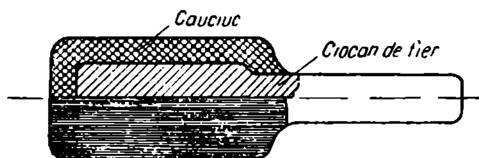


Fig. 6.2. Ciocan cauciucat.

misă lovirea bobinei pentru a-i da forma necesară, acest lucru conducînd la deteriorarea izolaţiei. Fasonarea se va face pe cît posibil cu mîna, pentru uşurinţa acestei operaţii se execută în prealabil o preformare. Totuşi, dacă nu este posibilă aducerea, la forma dorită, cu mîna, se va folosi un ciocan metalic îmbrăcat în cauciuc (fig. 6.2). Numărul loviturilor va fi limitat, dacă se poate chiar la una, acestea fiind în acelaşi timp scurte şi nu prea puternice.

La introducerea coturilor izolante între bobine pentru a izola fazele între ele, se va urmări să nu se prindă cu izolaţia spire de la o bobină (fază) la cealaltă fază, aceasta ducînd la străpungerea izolaţiei în timpul controlului între faze.

În ce priveşte corecta execuţie a bobinajului statoric al maşinii de curent continuu, aici, în afară de observaţiile făcute cu privire la înfăşurarea bobinelor pe şablon, precum şi la respectarea dimensiunilor şablonului, mai sînt necesare cîteva observaţii despre celelalte operaţii, pînă la obţinerea bobinei finite. La confecţionarea bobinei pe şablon, se va urmări aşezarea spirelor una lîngă alta, fără spaţii între ele, pentru a nu permite spirelor din stratul superior să intre între cele din stratul inferior, creînd posibilitatea prodcerii de scurtcircuite. Trebuie de asemenea dată atenţie forţei cu care este întins conductorul în timpul înfăşurării, deoarece o tensiune mică face ca bobina să fie umflată, adică să nu aibă un

interior dreptunghiular sau pătrat. Acest lucru provoacă depășirea gabaritului permis pentru bobină și deci dificultăți la montarea ei în stator. După înfășurarea spirelor pe șablon urmează demontarea bobinei, după asigurarea prealabilă a spirelor; pentru asigurare nu se vor folosi sîrme, acestea putînd deforma conductoarele și distruge izolația lor.

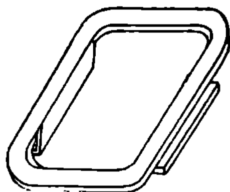
Importanță mare prezintă executarea înserierilor dintre bobinele jumelate sau a capetelor de ieșire. La executarea bobinei pe șablon, acesteia nu i se poate asigura locașul de așezare a mufelor de înseriere. De aceea, se va urmări așezarea lor în așa fel încît să nu micșoreze dimensiunile interioare ale bobinei. Dacă gabaritul mașinii permite, se va prevedea dimensiunea interioară a bobinei ținîndu-se seama de mufa de înseriere. În ce privește capetele de ieșire, acestea vor fi continuate cu cabluri fixate prin intermediul mufelor sau prin răsucire, asamblarea făcîndu-se în așa fel încît să nu provoace îngroșarea bobinei pe latura respectivă. Mufa se va executa din tablă cît mai subțire, mărindu-se în schimb lățimea ei.

Tabla o dată tăiată, se vor ajusta marginile tăioase care prezintă pericolul tăierii izolației. Aceste măsuri care par mărunte sînt în realitate foarte importante, deoarece duc la micșorarea grosimii izolației și deci a bobinei în dreptul mufei.

O etapă principală în execuția bobinelor polare o constituie izolarea și impregnarea acestora. Într-adevăr, o izolare necorespunzătoare, ne mai vorbind de o calitate necorespunzătoare a materialului folosit, duce la deteriorarea acestor bobine în timpul montării lor pe polii mașinii. Nu este suficient să se respecte grosimea maximă a izolației pe porțiunile drepte ale bobinei, ci este necesară respectarea acestei grosimi și la coturi. Se observă tendința multor executanți de a îngroșa izolația la coturi, datorită suprapunerii repetate a benzii de izolat și a încrețiturilor care iau naștere din cauza spațiului restrîns.

La asamblarea bobinelor polare pe polii mașinii, trebuie dată atenție pieselor auxiliare (garniturile de susținere și izolante). Se prevăd rame izolante care trebuie să fie executate din materiale destul de flexibile, pentru a nu se produce spargerea lor la strîngerea polilor. Pentru a evita jocul bobinelor pe înălțimea polului, ele

se asigură cu ajutorul unor rame distanţoare care au forma reprezentată în fig. 6.3. Bobinele polare se formează înainte de a fi impregnate, ele trebuind să aibă forma cît mai exactă a locului ce urmează a-l ocupa. Trebuie evitată formarea bobinelor polare prin strîngerea polilor, acest lucru dînd naştere în majoritatea cazurilor, la scurtcircuite sau străpungeri de izolaţie.


Fig. 6.3. Ramă distanţoare pentru bobinele polare.

Unele rotoare au prevăzute bandaje din sîrmă de oţel, pentru asigurarea capetelor de bobine. S-ar părea că executarea unor astfel de bandaje nu constituie o problemă. Totuşi, o execuţie incorectă a acestora duce la o serie de defecţiuni grave care au ca urmare deteriorarea întregului bobinaj al rotorului şi în consecinţă, scoaterea din funcţionare a întregii maşini.

Pentru executarea corectă a bandajelor, înainte de înfăşurarea sîrmei de oţel trebuie făcute o serie de pregătiri : se aranjează părţile frontale ale bobinajului în aşa fel ca acesta să aibă o oarecare înclinare spre periferia rotorului, aşa cum este reprezentat în fig. 6.4. Această înclinare este necesară în vederea asigurării ca bandajul să nu se deplaseze longitudinal, pe bobinaj şi să nu sară de pe el. În timpul bandajării înclinaţia se pierde, partea frontală a bobinajului reuşind să ajungă în poziţie orizontală. Se verifică diametrul exterior al bobinajului care trebuie să permită plusul de grosime realizat prin executarea bandajului.

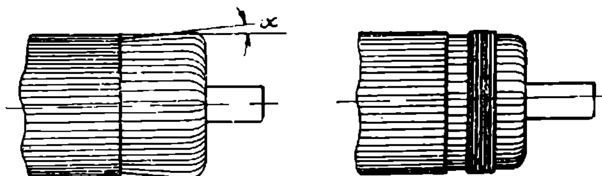


Fig. 6.4. Executarea corectă a bandajelor.

Totodată se asigură mijloacele de realizare a forţei de întindere a sîrmei de oţel în timpul bandajării, forţă care trebuie să corespundă celei indicate în tabela 6.1.

Această forță se poate măsura cu ajutorul unui dinamometru. Rotorul, așezat pe o capră metalică prevăzută cu suporți de lemn pentru a proteja axul, se acționează

Tabela 6.1

Diametrul sîrmei, mm	Secțiunea mm²	Rezistența la rupere		Tensiunea în fir, kgf/mm²
		kgf/mm²	Pentru toată secțiunea kgf	
1,00	0,785	180	141	55
1,55	1,770	170	300	124
2,00	3,14	170	535	220

manual, sau mecanic dacă atelierul respectiv dispune de o asemenea instalație. În ce privește izolația dintre bandaj și bobinaj, aceasta va trebui să reziste la încercarea de străpungere. Grosimea și calitatea acestei izolații se alege ținîndu-se seama și de faptul că va fi supusă la tensiunea de întindere a sîrmei în timpul bandajării, rămînînd mai departe sub această tensiune. Fixarea capătului firului de bandajat nu se va face de conductoarele bobinajului, ci de o piesă specială ce se va fixa pe axul rotorului.

În timpul bandajării trebuie asigurată o poziție perfectă a sîrmei în așa fel, încît să nu rămînă nici un loc gol între spirele bandajului, lucru realizat cu ajutorul unei pene de lemn.

În timpul bandajării, trebuie să se asigure rotorului o rotire echilibrată, plană, adică să nu se producă „fularea" lui (pentru a nu se realiza un bandaj al cărui plan să nu fie perpendicular pe arborele rotorului, în care caz se poate produce în orice moment slăbirea bandajului).

Capitolul 7

VERIFICĂRI GENERALE ALE BOBINAJELOR MAȘINILOR ELECTRICE

7.1. Verificarea legăturilor la mașinile de curent continuu

O problemă care se ridică în activitatea practică a construcției de mașini electrice este verificarea legăturilor după ce acestea au fost executate. Deoarece mașinile de curent continuu au legăturile cele mai complexe,

în continuare vor fi descrise metodele de verificare a executării legăturilor la aceste mașini.

Faptul că după asamblarea mașinii, remedierea unor eventuale greșeli în executarea legăturilor necesită demontarea întregii mașini impune efectuarea acestui control înainte de asamblarea mașinii. Controlul ce se execută se referă la legăturile dintre diferitele elemente ale unui anumit bobinaj, precum și la legăturile dintre diversele bobinaje. Această necesitate reiese din faptul că mașinile de curent continuu sînt prevăzute cu o serie întreagă de bobinaje, pe polii principali și auxiliari.

În privința legăturilor ce se pot executa între toate aceste bobine, se ține seama de faptul că prin conexiunile efectuate se urmărește realizarea unor polarități diferite la polii ce se succed. Aceste polarități se obțin prin inversarea circulației curentului în bobinele ce se succed, inversare realizată prin metode diferite, în funcție de construcția bobinelor și de posibilitatea executării legăturilor interioare.

Conexiunile între bobine, pentru obținerea polarității, se pot executa în mai multe feluri, în funcție de sensul de înfășurare a bobinelor. Astfel, în cazul executării bobinelor în același sens, polaritățile se asigură (fig. 7.1, *a*), prin legarea sfîrșitului bobinei *1* cu sfîrșitul bobinei *2*, începutul bobinei *2* cu începutul bobinei *3* și sfîrșitul bobinei *3* cu sfîrșitul bobinei *4*. În fig. 7.1, *b*, unde bobinele polare au fost confecționate două cîte două cu același sens, se leagă sfîrșitul bobinei *1* cu începutul bobinei *2*, sfîrșitul bobinei *2* cu începutul bobinei *3* și sfîrșitul bobinei *3* cu începutul bobinei *4*.

O altă variantă de legături este reprezentată în fig. 7.1, *c*, unde s-au legat sfîrșitul bobinei *1* cu începutul bobinei *3*, sfîrșitul bobinei *3* cu sfîrșitul bobinei *2* și începutul bobinei *2* cu sfîrșitul bobinei *4*. În fig. 7.1, *d* este reprezentată executarea conexiunilor pentru o mașină cu două căi paralele de curent la bobinajul polilor.

Controlul executării acestor conexiuni se realizează prin urmărirea vizuală a sensului curentului în bobinele polare. Acest procedeu se poate aplica cu condiția ca să se cunoască în prealabil sensul înfășurării bobinelor pentru a putea urmări conexiunile executate. În caz contrar, este necesar ca bobinele respective să nu fie acoperite cu un strat de izolație prea gros sau să fie executate din con-

ductor de secțiune mare (cum ar fi bobinele serie), putîndu-se determina astfel sensul de înfășurare. Această metodă se poate aplica la mașini înainte de montare.

O metodă mai comodă și care poate fi folosită pentru orice mașină, indiferent de construcția polilor, este folo-

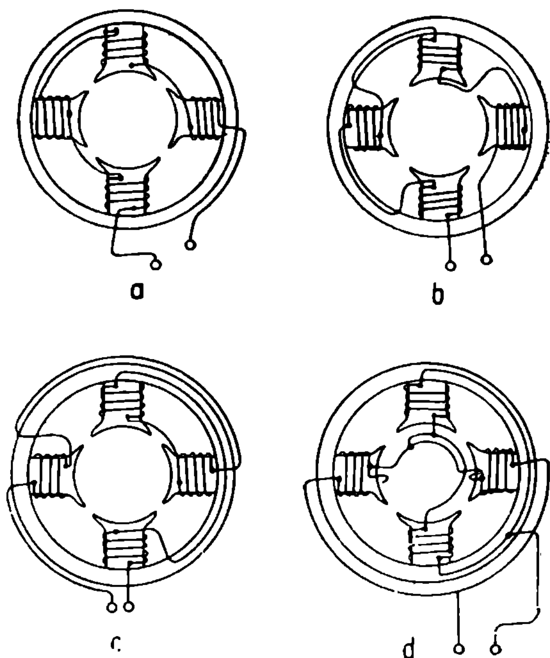


Fig. 7.1. Modul de legare între ele a bobinelor polare.

sirea unei bobine înregistratoare. În acest scop se execută o bobină din multe spire așezate concentric, la confecționare folosindu-se un șablon plan pentru a asigura stabilitatea conductoarelor. După ce bobina a fost înfășurată, se impregnează pentru a-i asigura rigiditatea și în acelaș scop se introduce într-o cutie din material rezistent.

Pentru verificarea legăturilor, bobinele polare se vor alimenta cu curent, după care bobina de probă se va apropia, pe rînd, de fața fiecărui pol. Cu ajutorul unui milivoltmetru conectat la bornele ei, se va înregistra tensiunea indusă într-o bobină. Pentru aceasta, bobina avînd poziția plană la fața polului, se va deschide brusc circui-

tul, urmărindu-se sensul deviației acului milivoltmetrului. Se va repeta proba pentru fiecare pol. Deviațiile milivoltmetrului trebuie să fie de sens contrar pentru fiecare pol, identice pentru polii cu număr par luați separat și identice pentru polii cu număr impar luați separat. Avantajul acestui procedeu este că se pot determina și eventualele greșeli în execuția conexiunilor între segmentele aceleiași bobine. În caz că suprafețele polilor nu sînt accesibile, mașina fiind montată, bobina de verificat se va așeza concentric pe buloanele de strîngere a polilor deasupra carcasei. În acest caz, la același curent de alimentare a bobinelor polare față de cazul mașinii demontate, deviațiile acului milivoltmetrului vor fi mult mai mici. În consecință va fi necesară mărirea intensității curentului de alimentare.

Mai există o metodă bazată tot pe determinarea sensului cîmpului magnetic al polilor și anume folosirea unui ac magnetic legat cu un fir subțire. Folosirea acului magnetic în cutie metalică (busola) nu este indicată, deoarece în cazul folosirii incorecte, datorită mobilității limitate pe care o are acul în cutie, se poate produce o magnetizare inversă a acestuia. Determinarea polarității cu ajutorul acului magnetic, în cazul folosirii lui corecte, este destul de sigură pentru mașina demontată. Dezavantajul acestei metode apare în cazul bobinelor serie, deoarece acestea lucrează la un curent mare, iar posibilitățile de alimentare cu un astfel de curent, în timpul încercărilor, sînt limitate. Alimentînd aceste bobine cu un curent prea mic rezultă un cîmp magnetic prea slab, iar în cazul existenței unui cîmp magnetic remanent invers în poli, deviația acului magnetic va fi foarte slabă sau nulă. Pentru rezolvarea acestei dificultăți, înainte de a alimenta bobinele în vederea controlului, se va determina existența cîmpului magnetic remanent, prin atîrnarea acului magnetic de un fir care va fi legat de o tijă, foarte aproape de fața polului. În cazul existenței unui cîmp magnetic remanent acul va avea o deviație într-un sens sau altul, mărimea acestei deviații fiind funcție de mărimea cîmpului, acul magnetic rămînînd fix în noua poziție. Se va introduce curent în bobinele serie, care va da naștere unui nou cîmp magnetic în poli. Dacă sensul noului cîmp va fi același cu cel al cîmpului remanent, acul magnetic va avea o deviație și mai mare în sensul inițial. Dacă sensul acestui

cîmp va fi invers decît cel al cîmpului remanent, acul va devia invers.

7.2. Verificarea bobinelor cu spire multe

Greutatea principală în determinarea scurtcircuitelor la bobinele cu spire multe, constă în faptul că circuitul format de spirele scurtcircuitate poate conține doar cîteva spire, destul de puține la număr, pentru a nu produce diferențe în deviația acului voltmetrului sau poate conține destul de multe spire pentru a nu se produce încălzirea acestui circuit. Totuși există aparate care deter-

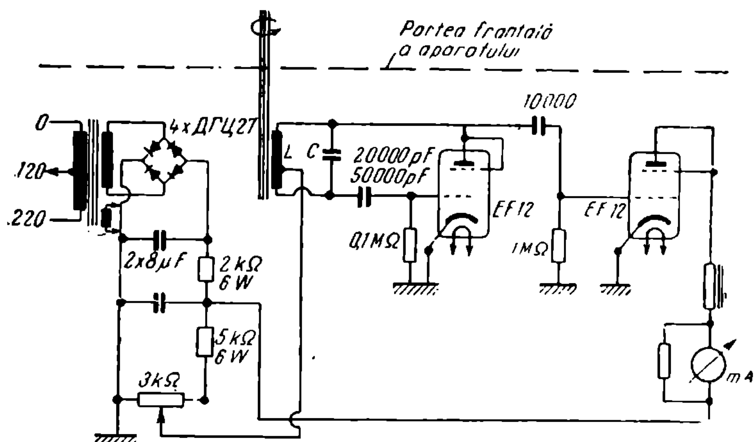


Fig. 7.2. Schema aparatului cu lămpi electronice pentru verificarea scurtcircuitelor în bobine cu spire multe.

mină cu succes scurtcircuitele în astfel de bobine. Schema unui astfel de aparat este reprezentată în fig. 7.2, construit cu scopul de a determina existența scurtcircuitelor între spirele bobinelor de dimensiuni mici cu spire multe folosite de regulă la întrerupătoarele automate, bobine polare, pentru rotoarele micromașinilor etc.

Principiul de funcționare al aparatului este foarte simplu și dă indicații precise asupra acestui fel de defecte.

După cum se vede și din schemă, prima lampa electronică este oscilatoare. Bobina circuitului oscilant are 2 600 spire din sîrmă de 0,1 mm diametru, izolată cu email și mătase, cu priză la 1/3 din numărul total al lor, iar condensatorul legat la capetele ei are valoarea de 20 000 pF. Bobina, este înfășurată pe o carcasă rotundă (mosor), cu

diametrul interior de 10—12 mm, lungă de 50—60 mm. În interiorul bobinei se introduce o bară (miez) din tole de grosime 0,2 mm, late de 7 mm şi lungi de 80—100 mm. Pachetul va avea o secţiune aproximativ pătrată şi depăşeşte lungimea bobinei cu 50—60 mm. Capătul liber al acestei bare este scos printr-un orificiu izolat, destul de larg, în partea frontală a aparatului şi pe el se va introduce bobina de încercat.

Oscilaţiile produse de prima lampă sînt amplificate de a doua lampă, al cărui curent anodic este măsurat de un miliampermetru (rezistenţa legată în paralel cu bornele lui foloseşte pentru alegerea sensibilităţii şi se determină prin încercări, începînd de la valori de 1 Ω pînă la 3—4 Ω) montat de asemenea pe panoul frontal al aparatului. În timpul oscilaţiilor, curentul măsurat este foarte mic (circa 1—2 mA). Aceeaşi valoare se menţine şi dacă bobina introdusă pe miezul din tole se găseşte în stare bună. Dacă însă în bobina de încercat există un scurtcircuit, montajul iese din oscilaţie şi curentul măsurat capătă brusc o valoare de cîteva ori mai mare, astfel că folosind un aparat de măsură cu sensibilitatea convenabilă, creşterea curentului se concretizează printr-o deplasare destul de mare a acului indicator de la aparatul de măsurat.

Scoţînd de pe miez bobina cu defect, acul indicator revine la poziţia iniţială.

Potenţiometrul de 3 kΩ bobinat serveşte pentru reglarea poziţiei iniţiale şi finale a acului indicator, introducînd şi scoţînd prima lampă a montajului în oscilaţie.

Lămpile folosite sînt de tipul EF 12, montate ca triode, dar se pot utiliza şi alte tipuri echivalente sau cu caracteristici apropiate. Întreaga aparatură se montează pe un şasiu metalic introdus într-o cutie metalică, prevăzută cu bornă pentru legarea la pămînt. Alimentarea montajului se face printr-un transformator care pe partea sa secundară trebuie să dea o tensiune de 200 V pentru redresor şi 6,3 V pentru filamentele lămpilor. Se poate folosi şi o lampă redresoare, introducînd o înfăşurare suplimentară la transformator. Diodele redresoare sînt de tipul ДГЦ-27.

Cu puţină îndemînare şi cu materiale care se pot procura de la magazinele de specialitate, acest aparat se poate construi în orice atelier de reparaţii de bobinaje.

Cu acest aparat se pot încerca multe tipuri de bobine cu spire multe, folosite in diverse aparate electrice.

TABLA DE MATERII

Lei 2

Boțan N. V.

CUM SE CITESC SCHEMELE DE ACȚIONĂRI ELECTRICE



Toropțev N. D.

UTILIZAREA MOTORULUI ASINCRON TRIFAZAT ÎN SCHEME MONOFAZATE CU CONDENSATOARE

(traducere din limba rusă)



Ovciarov F. F.

REPARAȚIILE TURBOGENERATOARELOR

(traducere din limba rusă)

EDITURA TEHNICĂ

